

# Aort Yetersizliğinde "Vena Contracta"nın Belirleyicileri ve Ciddiyet Tayinindeki Değeri

Dr. Mehmet EREN, Dr. Osman BOLCA, Dr. Bahadır DAĞDEVİREN, Dr. Abdurrahman EKŞİK, Dr. Yekta GÜRLERTOP, Dr. Şevket GÖRGÜLÜ, Dr. Tuna TEZEL

Siyami Ersek Göğüs, Kalp ve Damar Cerrahisi Merkezi, İstanbul

## ÖZET

Son yıllarda kapak yetersizliklerinin ciddiyetini değerlendiren çalışmalar efektif orifis alanı (EOA) üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu alan, hemodinamik olarak yetersizlik akım çizgilerinin en dar olduğu vena contracta (VC) denilen bölgeye uymaktadır. Bu çalışma, renkli Doppler ile görüntülenen VC'yi kullanarak aort yetersizliği (AY) ciddiyetini değerlendirmeyi ve VC'nin belirleyicilerini tespit etmeyi amaçlamaktadır.

**Metod:** Çalışmaya kronik AY olan 55 hasta alındı. VC transtorasik ekokardiyografi ile apikal pencereden görüntüldü. Referans metot olarak mitral (AH<sub>m</sub>) ve aort kapak atım hacimlerine (AH<sub>ao</sub>) dayanan kantitatif Doppler (KD) ekokardiyografi alındı. Her hastada EOA, yetersizlik hacmi (YH) ve yetersizlik fraksiyonu (YF) eş zamanlı olarak hem VC genişliğinden hem de kantitatif Doppler ile hesaplandı. VC genişliğinden;  $EOAVC = (VC)^2 \times (\pi/4)$ ,  $YH_{VC} = EOAVC \times VTI_{AY}$  ve  $YF_{VC} = (YH_{VC}/AH_{ao}) \times 100$  şeklinde hesaplandı. Kantitatif Doppler ile  $YH_{KD} = (AH_{ao}) - (AH_m)$ ,  $YF_{KD} = (YH_{KD}/AH_{ao}) \times 100$  ve  $EOAKD = YH_{KD}/VTI_{AY}$  formülleriyle hesaplandı. VC ile hasta değişkenleri arasındaki ilişki basit lineer regresyon analizi ile değerlendirildi ve anlamlı korelasyon gösteren parametrelerle VC'nin belirleyicilerini saptamak için çok değişkenli analiz uygulandı. VC ile KD ekokardiyografi bulguları arasındaki uyumluluğu araştırmak için basit lineer regresyon ve Bland-Altman analizleri yapıldı.

**Bulgular:** VC (0.48±0.12 cm) ile EOAKD (r=0.96), YF<sub>KD</sub> (r=0.84), YH<sub>KD</sub> (r=0.82), anjiyografik III/IV. derece AY (r=0.74), hasta yaşı (r=-0.67) ve sol ventrikül diyastolik çapı (r=0.47) arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptandı. Bu değişkenlerle yapılan çok değişkenli analizde VC genişliği sadece EOAKD'ye bağımlı bulundu. Her iki metotla bulunan EOA (r=0.96, p<0.001; ortalama fark 0±0.03 cm<sup>2</sup>, SEE=0.004 ve p>0.05), YH (r=0.97, p<0.001; ortalama fark=1.3±4.8 cm<sup>3</sup>, SEE=0.65 cm<sup>3</sup> ve p>0.05) ve YF (r=0.93, p<0.001; ortalama fark=%1.46±4.9, SEE=%0.66 ve p>0.05) birbirleriyle uyumlu idi. VC için alt sınır 0.54 cm alındığında ciddi AY göstermedeki duyarlılığı %80, özgüllüğü %86 ve doğruluğu %84 idi.

**Sonuç:** Renkli Doppler ile görüntülenen VC, AY'nin ciddiyetini değerlendirmede basit ve güvenle kullanılabilir parametredir.

Alındığı tarih: 1 Mayıs, revizyon 19 Eylül 2000  
Yazışma adresi: Mehmet Eren, İcadıye Mah. Makastar sok. Cihat apt. No: 6/6, Üsküdar (81200), İstanbul  
Tlf: (0216) 310 1473 - 349 9120 (1186)  
e-mail: meseren@hotmail.com  
Bu çalışma XV. Ulusal Kardiyoloji Kongresi'nde (İzmir-1999) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Aort yetersizliği, vena contracta, kantitatif Doppler ekokardiyografi

Aort kapak yetersizliği (AY) olan hastaların tedavisinde, yetersizlik ciddiyetinin doğru bir şekilde tespiti büyük önem arz eder (1,2). Yetersizlik ciddiyetini değerlendirmek için, renkli akım Doppler'i ile görüntülenen yetersizlik jetinin genişliği ve kesit alanı yaygın olarak kullanılmıştır (3,4). Ancak renkli akım Doppler'i ile görüntülenen jet büyüklüğünün alet ayarlarından ve fizyopatolojik faktörlerden etkilendiği çok iyi bilinmektedir (5,6). Sıvı dinamiğindeki gelişmeler, yetersizliğe yol açan lezyonun ciddiyetini saptamada dikkatleri efektif orifis alanı (EOA) üzerine çekmiştir (7-12). EOA'nın hemodinamik olarak renkli akım ile görüntülenen "vena contracta (VC)"ya uyduğu (13-16) ve anatomik orifis alanından küçük olduğu bildirilmiştir (17). VC ise, yetersizlik akım çizgileri üzerindeki orifise yaklaşan akım bölgesi ile orifisten uzaklaşan jetin birleştiği en dar yer olarak tarif edilmiştir (13). AY ciddiyetini belirlemede VC ile yapılan çalışmaların çoğu hayvanlar üzerinde yapılmış (14,15,18,19) olup insanları içeren çok az sayıda çalışma vardır (20-22). Çalışmamızda kronik AY'si olan hastalarda renkli akım Doppler'i ile apikal pencereden görüntülenen VC'nin hem belirleyicilerini ve hem de yetersizlik ciddiyeti ile ilişkisini araştırmayı amaçladık.

## METOD

**Çalışma hastaları:** Çalışma, ekokardiyografi laboratuvarımıza kronik AY tanısı ile ardı sıra olarak gönderilen 91 hasta üzerinde prospektif olarak Şubat 1998-Nisan 1999 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Hastalardan 6 tanesinde orta ve 4 tanesinde ciddi mitral darlığı, 7 tanesinde mitral yetersizliğinin VC>0.3 cm olması, 5 hastada aort üzerinde 20 mmHg'den daha büyük sistolik basınç gradiyenti, 3 hastada biküspit aort kapağı, 7 hastada aort yetersizliğinin VC'si görüntülenemediği, 2 hastada egzantrik yetersizliğe bağlı olarak AY Doppler trasesi elde edilemediği ve 2 hastada atriyal fibrilasyon olduğu için çalışma dışı bırakıldı. Geriye kalan 55 santral yetersizliğe sahip hasta çalış-

maya alındı. Ekokardiyografik muayenelerin hepsi kateter bulgularını bilmeyen aynı kardiyolog (yazarlardan ME) tarafından yapıldı.

Ayrıca referans metot olarak aldığımız aort ve mitral atım hacimlerine dayalı kantitatif Doppler (KD) metodunun doğruluğunu değerlendirmek için, kapak yetersizliği olmayan 30 kişi üzerinde çalışıldı.

**Ekokardiyografik muayene:** Hewlett-Packard Sonos 1500 cihazı ve 2,5-3,5 MHz. transdüser kullanılarak hasta sol lateral dekübitüs pozisyonunda iken ekokardiyografik muayene yapıldı. Her bir değişkenin ölçümü için, birbirini takip eden beş kalp siklusunun ortalaması alındı. M-mod ölçümleri (sol ventrikül diyastolik ve sistolik çapları, sol atriyum sistolik çapı ve aort kökü) Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti (ASE)'nin önerilerine göre parasternal uzun aks görüntüsünden elde edildi (23). Mitral yetersizliği değerlendirilirken Hall ve ark önerdiği VC yöntemi kullanıldı (24) ve parasternal uzun aks görüntüsünde 0,3 cm altındaki VC genişliği hafif mitral yetersizliği olarak değerlendirildi. VC görüntülenemeyen ve santral jeti olan 4 hastada da Spain ve ark önerdiği metoda göre (25) apikal dört boşluk görüntüsünde jet alanının sol atriyum alanına oranı elde edildi ve %20'nin altı hafif mitral yetersizliği olarak alındı.

**Kantitatif Doppler ölçümler:** Mitral atım hacmi Ascah ve ark önerdiği metotla hesaplandı (26). Bu metoda göre mitral anulusu elips kabul edilerek apikal dört ve iki boşluk görüntülerinden ölçülen mitral anulus çaplarından bu eliptik şeklin alanı hesaplandı. Bu alan ile anulusdan alınan *pulsed* Doppler trasesinin zaman-hız entegralinin (TVI-time-velocity integrale) çarpımından mitral atım hacmi elde edildi. Benzer şekilde sol ventrikül çıkış yolu alanı ile aort anulus seviyedeki *pulsed* Doppler trasesinin TVI çarpılarak aort atım hacmi hesaplandı (27). Aşağıdaki kantitatif AY parametreleri ilgili formüller kullanılarak hesaplandı:

Aort yetersizlik hacmi (YH<sub>KD</sub>);

$$YH_{KD} (cm^3) = (Aort atım hacmi) - (Mitral atım hacmi) "$$

Yetersizlik fraksiyonu (YF<sub>KD</sub>);

$$YF_{KD} (%) = (YH_{KD} / Aort atım hacmi) \times 100 "$$

Efektif orifis alanı (EOA);

$$EOA_{KD} (cm^2) = YH_{KD} / (Aort yetersizlik Doppler trasesinin TVI_{AY}) "$$

AY Doppler trasesinin TVI apikal uzun veya beş boşluk görüntüsünde devamlı akım Doppleri ile elde edilen traseden ölçüldü.

**VC'nin görüntülenmesi ve kantitatif AY parametrelerinin hesaplanması:** Aletin renkli Doppler kazancı en az düzeyde, sektör açısı 45° ve niquist limiti ortalama 56±12 cm/sn (38-77 cm/sn) olacak şekilde ayarlandı. Apikal uzun aks veya beş boşluk görüntüsünde, erken diyastolde kapak proksimalindeki yaklaşan akım bölgesi ile kapaktan uzaklaşan yetersizlik jetinin birleştiği en dar yer VC olarak ölçüldü (Şekil-1) (14-16). VC genişliği hemodinamik kapak alanına denk gelmektedir (14-16). Bu kapak alanı daire şeklinde ve VC da bu dairenin çapı olarak kabul edildiğinde efektif orifis alanı (EOA<sub>VC</sub>) bir dairenin alanı formülüne göre;

$$EOA_{VC} (cm^2) = (VC)^2 \times \pi/4$$

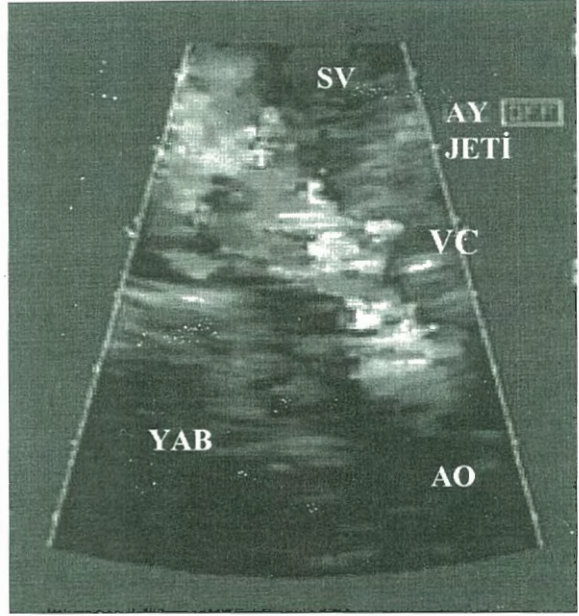
şeklinde hesaplandı. Yetersizlik hacmi (YH<sub>VC</sub>);

$$YH_{VC} (cm^3) = EOA_{VC} \times TVI_{AY}$$

ve yetersizlik fraksiyonu (YF<sub>VC</sub>);

$$YF_{VC} (%) = (YH_{VC} / Aort atım hacmi) \times 100$$

formülleri kullanılarak hesaplandı.



**Şekil 1.** İki boyutlu renkli akım Doppler'i ile apikal pencereden görüntülenmiş vena contracta görülmektedir. Vena contracta genişliği olarak ölçülen yer; orifise yaklaşan akım bölgesi ile uzaklaşan jetin birleştiği yerdeki en dar okla gösterilen kısımdır. AO; çıkan aort, AY; aort yetersizliği, SV; sol ventrikül, VC; vena contracta, YAB; yaklaşan akım bölgesi

**Diğer ölçümler:** Apikal pencereden devamlı akım Doppler'i ile elde edilen yetersizlik trasesinden Bernoulli eşitliğine göre aort-sol ventrikül arasındaki diyastolik pik ve ortalama basınç gradiyentleri ve trasesinin başlangıcı ile bitişi arasındaki yetersizlik süresi ölçüldü.

**Aortagrafi:** 29 hastaya 7 F pig-tail kateter ile ROA 30° açıda 35-40 cc non-iyonik kontrast madde 14cc/sn hızla verilerek aortagrafi yapıldı. Sol ventriküle diyastolde geçen kontrast madde miktarına ve temizlenme hızına göre aort yetersizliği 1-4(+) olarak derecelendirildi (28). Aortagrafi ekokardiyografik muayeneden sonraki bir hafta içinde farklı kardiyologlar tarafından yapıldı ve yetersizliğin ciddiyeti yazarlardan birisi (OB) tarafından değerlendirildi.

**İstatistik:** Sayısal değerler ortalama ± standart sapma ve sayısal olmayan değişkenler yüzde (%) şeklinde verildi. VC'nin belirleyicilerini tespit etmek için önce hastaya ait değişkenlerle VC arasında basit lineer regresyon analizi yapıldı. Bu analizde anlamlı korelasyon gösteren değişkenler *stepwise* lineer regresyon analizine sokularak VC'nin belirleyicileri elde edildi. KD ve VC metotları ile hesaplanan yetersizlik parametreleri (EOA, YH ve YF) eşlenmiş student t testi kullanılarak karşılaştırıldı. Bu parametreler arasındaki ve normal gruptaki aort ile mitral atım hacimleri arasındaki uyumluluk Pearson lineer regresyon

analizi ve Bland-Altman testi kullanılarak değerlendirildi (29). VC genişlikleri açısından ciddi AY olan hastalarla olmayanları karşılaştırılırken eşlenmemiş student t testi ve aortografi ile elde edilen AY sınıflarının karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. İstatistiki anlamlılık için  $p < 0.05$  alındı. Bütün istatistiki işlemler bilgisayar ortamında "SPSS 7.5 for Windows" istatistik programı kullanılarak gerçekleştirildi.

## BULGULAR

55 hasta çalışmaya alındı ve dışlanan hastalardan 5 tanesinde VC görüntülenememiş ve 2 hastada da AY Doppler trasesi elde edilememişti. Böylece hastaların %92 (57/62)'de VC görüntülenebildi ve %89 (55/62) hastada da YHVC ve YFVC hesaplanabildi. AY etiyojisi olarak 17 hastada dejeneratif kapak hastalığı, 16 hastada romatizma, 12 hastada aort kök dilatasyonu, 4 hastada kapak prolapsusu ve 8 hastada etiyojisi bilinmemekteydi.

Çalışma hastalarının yaş ortalaması  $46 \pm 20$  yıl ve 21 (%38) tanesi bayandı. Hastalarda ölçülen VC genişliği ortalama  $0.49 \pm 0.13$  cm, VC' dan elde edilen EOAVC  $0.20 \pm 0.10$  cm<sup>2</sup>, YHVC  $44 \pm 18$  cm<sup>3</sup> ve YFVC  $45 \pm 14$  idi. Hasta değişkenleri ile VC arasındaki ilişki tablo 1'de gösterilmektedir. VC ile EOAKD

**Tablo 1. Hastaların vena contractası ile diğer değişkenleri arasındaki korelasyonun r katsayısı ve p değeri**

	Ortalama $\pm$ 1 SS Sayı (%)	r katsayısı	p değeri
Cins (Bayan-sayı)	21 (38)	0.23	AD
Yaş (yıl)	$46 \pm 20$	-0.67	<0.001
Kalp hızı (atım/dak)	$76 \pm 16$	0.04	AD
SVDÇ (cm)	$6.02 \pm 0.79$	0.47	0.007
SVSÇ (cm)	$4.19 \pm 0.82$	0.23	AD
EF (%)	$56 \pm 9$	0.12	AD
OBG (mmHg)	$61 \pm 15$	-0.02	AD
YS (msn)	$560 \pm 136$	-0.2	AD
EOAKD (cm <sup>2</sup> )*	$0.20 \pm 0.09$	0.96	<0.001
YHKD (cm <sup>3</sup> )	$43 \pm 17$	0.82	<0.001
YFKD (%)	$43 \pm 13$	0.84	<0.001
III/IV. AY (sayı)*	13 (45)	0.74	<0.001

(\*); çok değişkenli analizde vena contractanın tek belirleyicisidir. (+); çok değişkenli analize alınmamıştır.

**Kısaltmalar:** AD; anlamlı değil, AY; aort yetersizliği, EF; ejeksiyon fraksiyonu, EOAKD; kantitatif Doppler metodu ile elde edilen efektif orifis alanı, OBG; ortalama basınç gradiyenti, SVDÇ; sol ventrikül diyastolik çapı, SVSÇ; sol ventrikül sistolik çapı, YFKD; aynı metodu ile elde edilen yetersizlik fraksiyonu, YHKD; aynı metodu ile elde edilen yetersizlik hacmi, YS; yetersizlik süresi.

( $r=0.96$ ), YFKD ( $r=0.84$ ), YHKD ( $r=0.82$ ), anjiyografik III/IV. derece AY varlığı ( $r=0.74$ ), hasta yaşı ( $r=0.67$ ) ve sol ventrikül diyastolik çapı ( $r=0.47$ ) arasında istatistiki olarak anlamlı korelasyon saptandı. Bu değişkenlerle (anjiyografik III/IV. derece AY varlığı hariç) yapılan çok değişkenli analizde VC'nın tek belirleyicisi olarak EOAKD bulundu ( $p < 0.001$ ).

EOAVC ile EOAKD istatistiki olarak birbirine benzerdi ( $p > 0.05$ ) ve aralarındaki fark kabul edilir düzeyde idi ( $r=0.96$ ,  $p < 0.001$ ; ortalama fark  $0 \pm 0.03$  cm<sup>2</sup> ve SEE=0.004) (Şekil-2). Aynı şekilde her iki metodu hesaplanan YH ve YF da birbirine benzerdi ( $p > 0.05$ ) ve aralarındaki fark büyük değildi (YH için  $r=0.97$ ,  $p < 0.001$ , ortalama fark= $1.3 \pm 4.8$  cm<sup>3</sup> ve SEE=0.65 cm<sup>3</sup>; YF için  $r=0.93$ ,  $p < 0.001$ , ortalama fark= $1.46 \pm 4.9$  ve SEE=%0.66) (Şekil-3 ve 4).

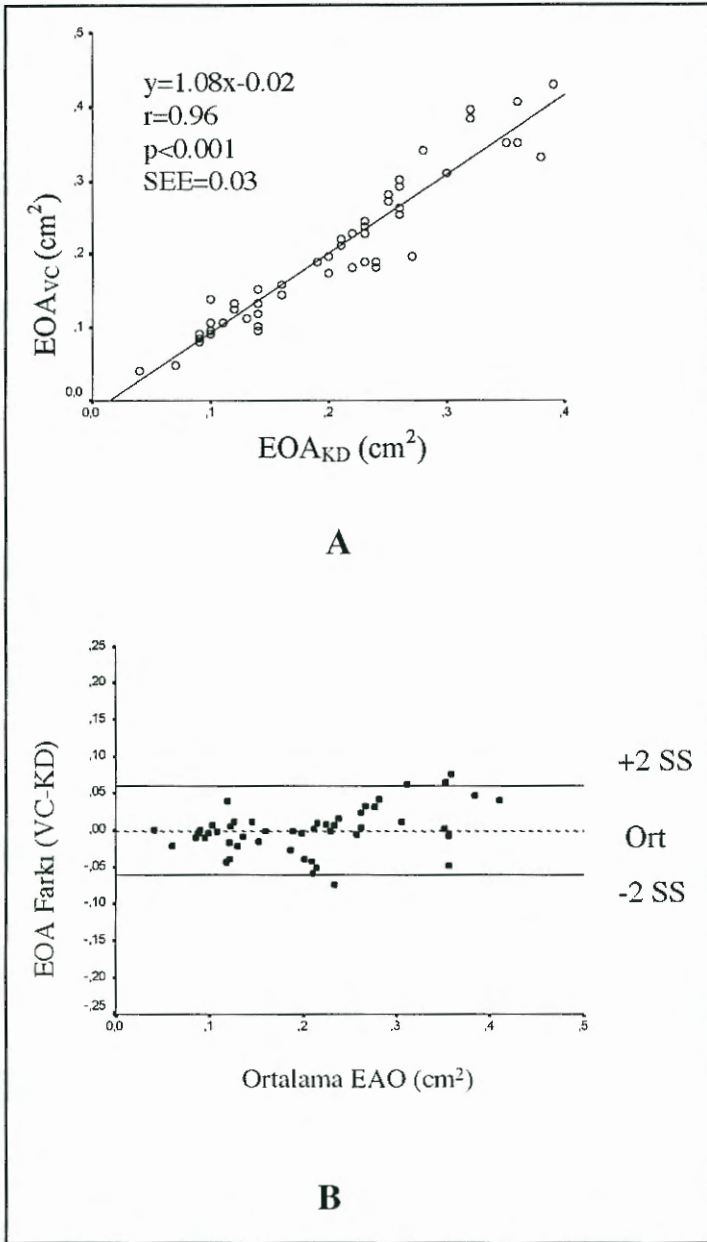
YFKD değerlerine göre hastalar dört gruba ayrıldı: Hafif (YF $\leq$ %20), orta (%21-35), orta-ciddi (%36-50) ve ciddi ( $\geq$ %50). VC genişliğinin orta ile orta-ciddi grup arasındaki ayrımı sağlarken doğruluğunda azalma ve orta-ciddi ile ciddi grup arasında ise özgülüğünde bir azalma gözlemlendi (tablo 2'ye bakınız). Aynı zamanda VC genişliği 0.3 ile 0.54 cm arasında olan hastaların YFKD değerleri %20 ile 50 arasında geniş bir dağılım göstermekteydi (Şekil-5). VC genişliği için limit 0.54 cm alındığında, VC'nın ciddi derecedeki AY (YFKD  $\geq$  %50) göstermedeki duyarlılığı %80, özgülüğü %86 ve doğruluğu %84 idi. Ciddi derecede AY'si olan 20 (%36) hastanın VC değeri ( $0.6 \pm 0.08$  cm) ciddi AY' si olmayan hastalarınkinden ( $0.42 \pm 0.11$  cm) daha büyüktü ( $p < 0.001$ ).

Aortografi yapılan 29 hastanın 3 (%10)'de 1(+), 13 (%45) tanesinde 2(+), 10 (%35) hastada 3(+) ve 3

**Tablo 2. Vena contracta genişliğinin aort yetersizliği derecelerine göre yapılan alt grupları ayırmadaki duyarlılık, özgülük ve doğruluk değerleri**

AY Dereceleri	VC sınır değeri (cm)	Duyarlılık (%)	Özgülük (%)	Doğruluk (%)
Hafif (YF $\leq$ %20) Orta (%21-35)	0.3	100	100	100
Orta Orta-ciddi (%36-50)	0.41	57	82	66
Orta-ciddi Ciddi ( $\geq$ 50)	0.54	80	76	78
Ciddi olmayan (<%50) Ciddi ( $\geq$ %50)	0.54	80	86	84

**Kısaltmalar:** AY; aort yetersizliği, VC; vena contracta, YF; yetersizlik fraksiyonu



Şekil 2. Vena contracta (VC) ve kantitatif Doppler (KD) metotları ile elde edilen efektif orifis alanları (EOA) arasındaki ilişkiyi gösteren lineer regresyon eğrisi (A). Bu iki EOA arasındaki uyuşmayı gösteren Bland-Altman analizi (B). SS; standart sapma, Ort; ortalama

(%10) hastada da 4(+) AY tespit edildi. 1(+) AY ile 2(+) AY sahip hastaların VC değerleri arasında fark yoktu ( $0.36\pm0.03$  cm karşı  $0.42\pm0.08$  cm,  $p=0.2$ ). Aynı şekilde 3(+) AY ile 4(+) AY sahip hastaların VC değerleri arasında da fark yoktu ( $0.56\pm0.08$  cm karşı  $0.6\pm0.07$  cm). Ancak 3-4(+) AY sahip hastaların VC değerleri 1-2(+) AY sahip hastalarından anlamlı bir şekilde büyüktü ( $0.41\pm0.07$  cm karşı  $0.57\pm0.08$  cm,  $p<0.001$ ).

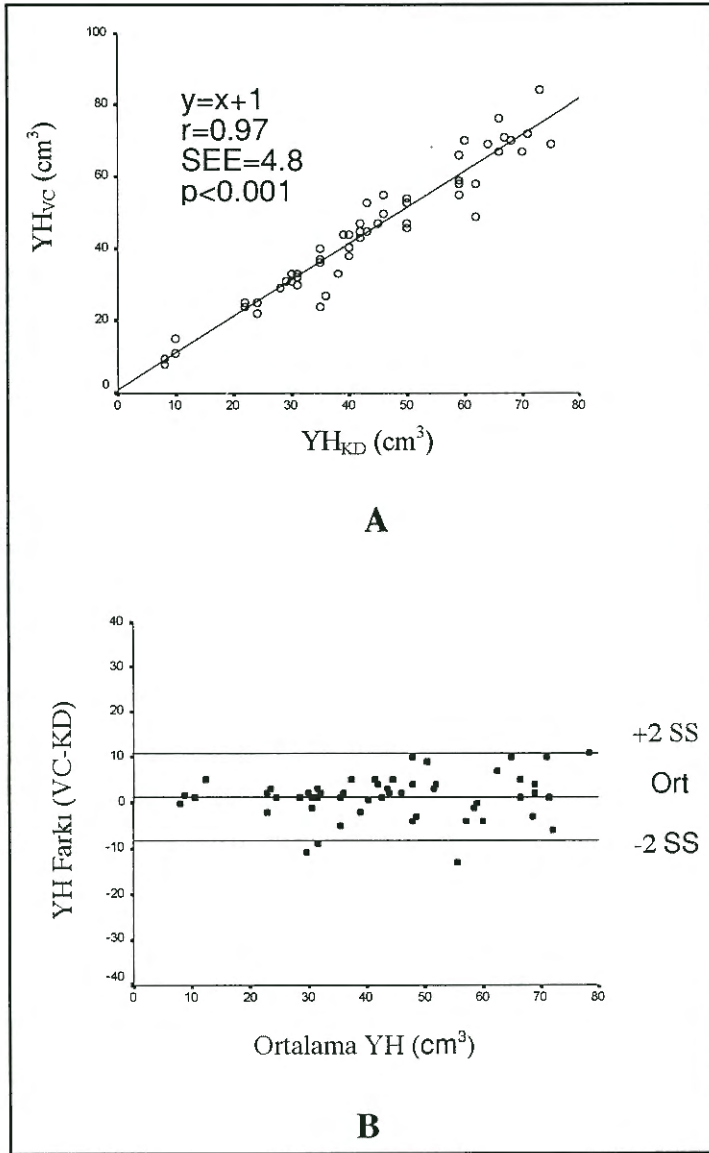
Kapak yetersizliği olmayan 30 hastadan hesaplanan aort ( $69\pm20$  cm<sup>3</sup>) ve mitral atım hacimleri ( $71\pm25$  cm<sup>3</sup>) arasında yüksek derecede korelasyon vardı ( $r=0.96$ ,  $p<0.001$ ) ve mitral atım hacmi biraz fazla olmaya meyilli olsa da atım hacimleri arasındaki fark oldukça küçüktü (ortalama fark  $-2.25\pm7.45$  cm<sup>3</sup>,  $SEE$  1.41 cm<sup>3</sup>,  $p=0.12$ ). İki atım hacminden hesaplanan yalancı aort yetersizlik fraksiyonu ortalama  $\%-2.35\pm10.73$  idi.

Rasgele seçilen 15 hasta üzerinde yapılan VC genişliğinin ölçümü için gözlemciler arası (interobserver) (korelasyon için  $r=0.93$ ,  $p<0.001$ ; karşılaştırma için ortalama fark= $0.003\pm0.054$  cm,  $SEE=0.014$  cm,  $p=0.21$ ) ve gözlemci-içi (intraobserver) değişkenlikler (korelasyon için  $r=0.97$ ,  $p<0.001$ ; karşılaştırma için ortalama fark= $0.011\pm0.027$  cm,  $SEE=0.007$  cm,  $p=0.81$ ) kabul edilir derecelerde idi.

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki; 1) Çeşitli derece ve etiyojili aort yetersizliğinde apikal yaklaşımla VC yüksek bir oranda görüntülenebilmektedir, 2) VC büyüklüğü efektif orifis alanı tarafından belirlenir, 3) aort yetersizliğinde VC ve Doppler verileri kullanılarak efektif orifis alanı, yetersizlik hacmi ve yetersizlik fraksiyonu doğru bir şekilde ölçülebilmektedir, 4) VC genişliği ile ciddi aort yetersizliğinin ayırımı yüksek bir doğrulukta yapılabilmektedir.

**Vena contracta ve efektif orifis alanı ile ilişkisi:** Yetersizlik jetinin orifisten çıktığı çapının sol ventrikül çıkış yoluna oranının, jet alanı ve jetin sol ventriküldeki dağılımına göre AY ciddiyetini daha doğru olarak gösterdiği bildirilmiştir (4,30). Dalal ve arkadaşları bu jet bölgesinin alanı ile yetersizlik Doppler trasesinin hız-zaman entegralini (velocity-time integrale-VTI) çarparak yetersizlik volümünün hesaplanabileceğini öne sürdüler (31). Bütün bu çalışmalarda çıkış yerindeki jet çapının nasıl ölçüldüğü tarif edilmemiş ve VC ifadesi kullanılmamıştır. Sıvı dinamiğindeki gelişmelerle beraber VC da tarif edilmiştir (13). Kapak



Şekil 3. VC ve KD metotları ile elde edilen yetersizlik hacimleri (YH) arasındaki ilişkiyi gösteren lineer regresyon eğrisi (A). Bu iki YH arasındaki uyuşmayı gösteren Bland-Altman analizi (B)

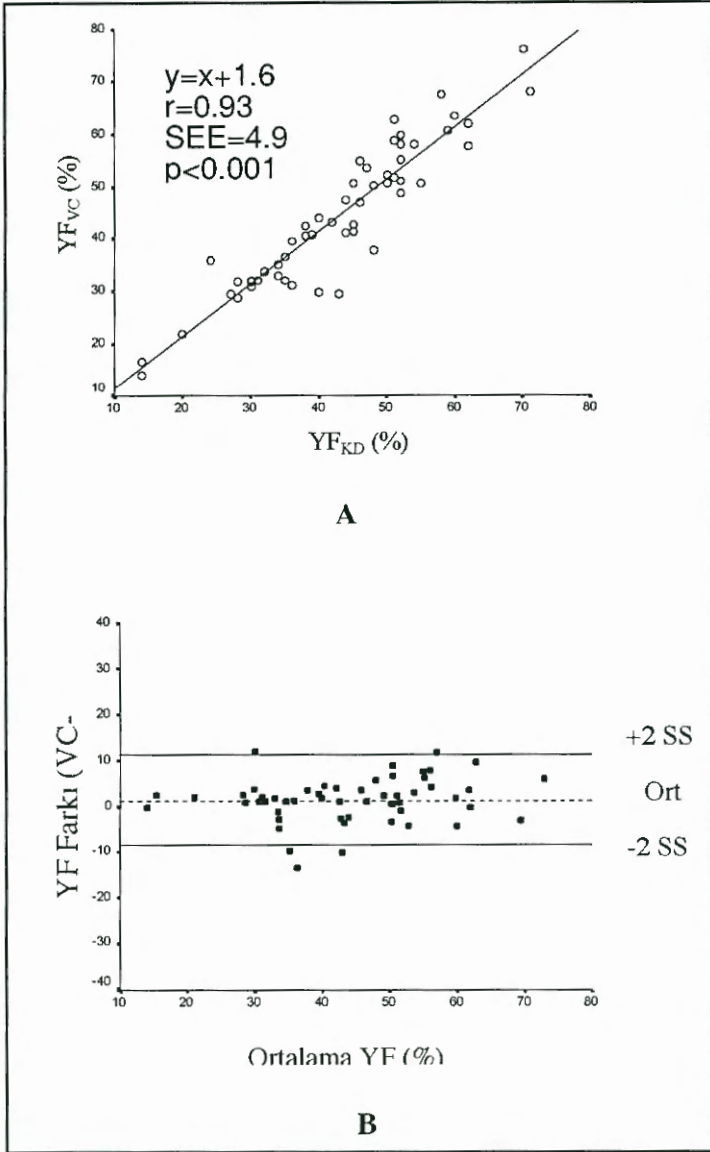
yetersizliğinde, kapağa yaklaşan akım bölgesi ile kapaktan uzaklaşan jetin birleştiği ve akım çizgilerinin en dar olduğu yer VC olarak tarif edilmiştir (14-16). Grayburn ark. (32) bu metodu mitral yetersizliğine başarıyla uygulamışlardır. AY'de VC'yı ilk defa Ishii ve ark hayvanlarda yaptıkları bir çalışmada kullandılar (15). İnsanlar üzerinde yapılmış ilk kapsamlı çalışma Shiota ve ark'na aittir (20). Bu çalışmada sağ parasternal pencere kullanılarak yaklaşan akım bölgesi ve VC görüntülenmiştir. Mevcut çalışma ise, apikal pencereyi kullanarak AY'de VC'nın görüntülenebileceğini ve VC ile Doppler verileri birleştirile-

rek yetersizlik fraksiyonunun elde edilebileceğini gösteren ilk *in-vivo* çalışmadır.

Mevcut çalışmada sol dekübitüs pozisyonunda apikal pencereden hastaların %92'sinde VC görüntülenebilmiştir. Shiota ve ark'nın çalışmasında (20) sağ dekübitüs pozisyonunda yüksek sağ ve sol parasternal pencerelerden 40 hastanın 31 (%78)'inde yaklaşan akım bölgesi ve VC görüntülenirken apikal pencereden sadece 15 (%38) hastada görüntülenmiştir. Bu çalışmada görüntülenme oranları verilirken VC yaklaşan akım bölgesi ile beraber ele alınmış ve iki bölgenin ayrı görüntülenme oranları verilmemiştir. Üstelik kendilerinin bulgularını desteklerken kaynak gösterilen Yamachika ve ark'nın çalışmasında VC'nın değil yaklaşan akım bölgesinin elde edilme oranları verilmektedir (33). Yüksek parasternal pencereden aort kapağı görüntülenirken transdüser kapağa aort tarafından bakar ve kapağın bu yüzünde oluşan yaklaşan akım bölgesi rahat görüntülenebilirken kapağın arkasında kalan VC'nın görüntülenmesi zor olabilir. Oysa ki, apikal pencereden bakıldığında VC kapağın önünde yer alırken yaklaşan akım bölgesi kapak arkasında kalır. Dolayısıyla apikal pencereden VC'nın yaklaşan akım bölgesine göre daha yüksek oranda görüntülenmesi beklenir. Bizim çalışmada 55 hastanın 19 (%35)'unda yaklaşan akım bölgesi görüntülenirken geriye kalan 36 hastada yaklaşan akım bölgesinin aliasing hattı seçilememiştir. Ayrıca Tribouilloy ve ark. (34) 71 AY'li hastanın 64 (%90)'ünde yaklaşan akım böl-

gesini apikal pencereden görüntülemişlerdir ve hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda (14,15,18,19) da apikal pencere kullanılmış ve yüksek bir oranda VC görüntülenmiştir. Yeni yapılan bir çalışmada parasternal uzun aks görüntüsünden hastaların %88 (79/90) VC görüntülenmiştir (22).

Mevcut çalışmada VC genişliğinin tek belirleyicisi olarak EOA tespit edilmiştir. Bu sonuç şaşırtıcı değildir. Çünkü VC hemodinamik olarak EOA'na teka-bül eder (13). Mori ve ark hayvanlarda yaptıkları bir çalışmada üç boyutlu ekokardiyografik görüntüleme ile VC şeklinin bir daireye benzemediğini ve daire



Şekil 4. VC ve KD metotları ile elde edilen yetersizlik fraksiyonları (YF) arasındaki ilişkiyi gösteren linear regresyon eğrisi (A). Bu iki YF arasındaki uyumayı gösteren Bland-Altman analizi (B)

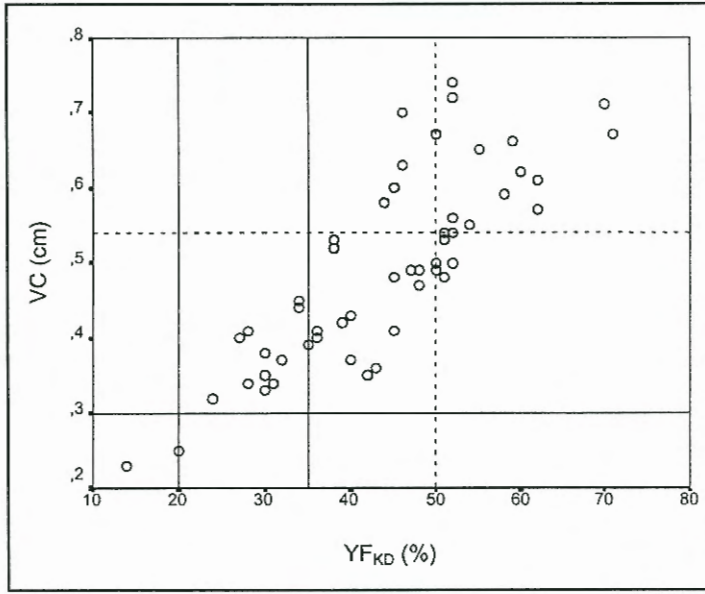
şeklindeki varsayımların sonuçları etkileyebileceğini bildirdiler (19). Onların çalışmasında bir küspise radyal kesi yapılarak defekt oluşturulmuştu. Dolayısıyla yuvarlak olmayan bir VC şeklinin bulunması doğaldır. Simetrik olmayan orifis şekline sıkça rastlanan biküspit aort kapağı ve egzantrik yetersizliği olan hastaların dışlanması, mevcut çalışmadaki VC alanı ile orifis alanının benzerlik göstermesini açıklayabilir. VC; anlık ve maksimum EOA'nı yansıtır. Oysa ki, kantitatif Doppler ekokardiyografi ile hesaplanan EOA bir siklusun ortalamasıdır. Bizim çalışmada ortalama ile maksimum EOA birbirine ben-

zer olarak bulunmuştur. Bu durum, AY'de VC veya EOA'nın diyastol boyunca minimal değişim göstermesi ile açıklanabilir (18). Reimold ve ark hafif AY'li hastalarda EOA'nın diyastol boyunca bariz bir azalma göstermesine rağmen ciddi lezyonlarda değişimin minimal olduğunu bildirdiler (35). Mevcut çalışmada da hafif AY'li ( $YF_{KD} \leq \%20$ ) hastaların az olması (sadece 3 hasta) anlık ile ortalama EOA'nın benzer çıkmasında katkıda bulunmuş olabilir.

Egzantrik jetlerde de VC'nın EOA ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (15,21,22). Ayrıca VC çapı alet ayarlarından (36) etkilenmediği gibi mevcut çalışmada da gösterildiği gibi kalp hızı ve aort-sol ventrikül arası basınç farkından da etkilenmez (9,36-38). AY'de YH ve YF'nin yük değişikliklerinden etkilendiği bildirilmesine rağmen (4,39) bu faktörlerin EOA'ya etkileri üzerinde çelişkili raporlar vardır (8,38,40,41). Mevcut çalışmada renkli görüntüleme ve spektral Doppler çalışmaları aynı anda yapıldığı için, hemodinamik değişikliklerin bulgular arasındaki ilişkilere etkileri yok sayılabilir.

**Aort yetersizliği ciddiyetinin vena contracta ile değerlendirilmesi:** Aort yetersizliğini kantitatif olarak değerlendirmek için yetersizlik hacmi, yetersizlik fraksiyonu ve EOA üzerinde durulur. Mevcut çalışmada VC genişliğinin bu göstergelerle iyi bir derecede korele olduğu görülmüştür. Bu ilişki, gerek bizim ve gerekse daha önceki çalışmalarda gösterilen VC alanı ile EOA'nın yakın ilişkisine bağlanabilir (13,14,19,21,22). Bu yüzden çalışmamızda VC'dan elde edilen yetersizlik hacmi ve fraksiyonunun referans metotla elde edilenlerle de benzer çıkması normaldir. Yetersizlik hacmi ile benzer bulgular daha önceki çalışmalarda (14,19,20) da bildirilmesine rağmen yetersizlik fraksiyonları arasındaki ilişki ilk kez bu çalışmada gösterilmiştir. Ayrıca VC genişliğinin aortagrafi ile tespit edilen ciddi aort yetersizliklerinin de ayırt edilmesinde yol gösterici olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmada ortaya konan bir bulgu da, VC çapı 0.3 ile 0.54 cm arasında olan hastaların aort yeter-



Şekil 5. KD metodu ile elde edilen YF göre VC'nın dağılımını gösteren grafik. VC 0.3 ile 0.54 cm arasındaki değerlerin YF %20 ile 50 arasında geniş bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir

sizliği derecelerinin geniş bir dağılım göstermesidir. Benzer bulguları mitral yetersizliğinde Hall ve ark. (24) bildirmişlerdir. Bu durum EOA ile yetersizlik fraksiyonunun birbirini tamamlayıcı olması ile açıklanabilir (10). Yetersizlik fraksiyonu ile EOA arasındaki ilişki, yetersizlik fraksiyonu ile EOA arasındaki ilişki, yetersizlik fraksiyonu %40'a kadar lineer iken bu değerlerin üzerinde artan EOA'na rağmen düzleşme göstermektedir (10). Dolayısıyla ciddi AY sınırına kadar yetersizlik fraksiyonu ile EOA ciddiyeti göstermede birlikte çalışırken, bu sınırın üzerinde EOA ön plana geçmektedir. Böylece belirtilen aralıkta VC değerine sahip hastalarda, yetersizliği kantitatif olarak değerlendirmek için yetersizlik hacmi veya fraksiyonuna da bakılmalıdır.

Ciddi AY için daha önceki çalışmalarda bir sınır verilmemiştir. Bizim çalışmada 0.54 cm'den büyük VC genişliğinin ciddi AY'ni göstermedeki doğruluğu yüksekti (%84). Bu bulgu Tribouilloy ve ark çalışması ile uyumlu idi (22). Bu çalışmada ciddi AY için VC'nın alt sınırı 0.6 cm alınmıştır. Daha önceki çalışmalarda ciddi AY için EOA olarak değişik alt sınırlar verilmiştir (42). Mevcut çalışmada VC'dan elde edilen EOA için alt sınır 0.24 cm<sup>2</sup> iken kantitatif Doppler ekokardiyografi ile 0.25 cm<sup>2</sup> bulundu. Kantitatif Doppler ile elde edilen bulgu Enriquez-Sarano ve ark'ın bulgusu ile uyumlu idi (10).

**Çalışmanın kısıtlamaları:** Mevcut çalışmanın en

başta gelen kısıtlaması referans metot olarak kantitatif Doppler ekokardiyografinin alınmasıdır. Aort yetersizliğinin değerlendirilmesinde referans metot olarak elektromagnetik akım ölçer (14,18-20,43) ve manyetik rezonans görüntüleme (35,44,45) teknikleri önerilmiştir. Bu iki metodun da bir takım kısıtlamaları vardır. Elektromagnetik akım ölçme metodunun en büyük kısıtlaması, uygulamasının operasyon gerektirmesinden dolayı insanlarda kullanılamamasıdır. Bu yüzden bu metotla yapılan çalışmalar hayvanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir (14,15,18-20). Manyetik rezonans görüntüleme tekniğinin renkli akım Doppler görüntüleme ile eş zamanlı olarak uygulanamaması, verilerin elde edilmesi için gereken zamanın uzun oluştundan dolayı gerçekleşen hemodinamik değişikliklerden etkilenmesi ve rezolüsyon yetersizliği gibi kısıtlamaları mevcuttur (35,45,46). Angiografik değerlendirmeler artık günümüzde referans metot olarak kabul görmemektedir (43,47,48). Bizim kullandığımız metot bir takım varsayımlar içerse de geçerliliği daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (12,27,34). Mevcut çalışmada yetersizliği olmayan hastalardaki aort ve mitral atım hacimleri birbiri ile iyi bir uyum göstermekteydi ve yalnızca yetersizlik fraksiyonu kabul edilebilir derecede idi. Üstelik VC ölçümleri ile eş zamanlı olarak uygulanması da çalışma sonuçlarının doğruluğunu artırmaktadır.

Çalışmanın bir diğer kısıtlaması VC alanının iki boyutlu görüntüleme ile elde edilen verilere dayandırılmasıdır. Üç boyutlu görüntüleme ile elde edilecek VC alanının gerçek EOA'na daha yakın olması doğaldır. Mevcut çalışmada yarıklı şekilde orifise yol açabilecek iki küpsüslü aort kapakların dahil edilmesi ve iki boyutlu görüntüleme ile elde edilen VC alanının EOA ile uyum göstermesi en azından bu çalışma için bu tür bir kısıtlamanın olmadığını akla getirmektedir.

**Sonuç olarak;** aort yetersizliğinde vena contracta transtorasik yaklaşımla apikal pencereden görüntülenebilmektedir. Vena contractanın hem kendisi ile ve hem de Doppler verileri ile kombine ederek aort yetersizliğinin ciddiyetini basit ve güvenli bir şekilde değerlendirebiliriz.

## KAYNAKLAR

1. Bonow RO, Rosing DR, Kent KM, Epstein SE: Timing of operation for chronic aortic regurgitation. *Am J Cardiol* 1982;50:325-36
2. Levine HJ, Gaasch WH: Ratio of regurgitant volume to end-diastolic volume: a major determinant of ventricular response to surgical correction of chronic volume overload. *Am J Cardiol* 1983;52:406-10
3. Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Izumi S, Owa M, Takao S, Sakakibara H, Nimura Y: Clinical applications of a new type of real-time two-dimensional Doppler flow imaging system. *Am J Cardiol* 1984;54:857-68
4. Perry GJ, Helmcke F, Nanda NC, Byard C, Soto B: Evaluation of aortic insufficiency by Doppler color flow mapping. *J Am Coll Cardiol* 1987;9:952-9
5. Sahn DJ: Instrumentation and physical factors related to visualization of stenotic and regurgitant jets by Doppler color flow mapping. *J Am Coll Cardiol* 1988;12:1354-65
6. Zhang J, Shiota T, Shandas R, Deng YB, Weintraub R, Paik J, Liepmann D, Sahn DJ: Effects of adjacent surfaces of different shapes on regurgitant jet sizes: an in vitro study using color Doppler imaging and laser-illuminated dye visualization. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1522-9
7. Reimold SC, Ganz P, Bittl JA, Thomas JD, Thoreau D, Plappert TJ, Lee RT: Effective aortic regurgitant orifice area: description of a method based on the conservation of mass. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:761-8
8. Reimold SC, Byrne JG, Caguioa ES, Lee CC, Lawrence RG, Peigh PS, Cohn LH, Lee RT: Load dependence of the effective regurgitant orifice area in a sheep model of aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:1085-90
9. Vandervoort PM, Rivera JM, Mele D, Palacios IF, Dinsmore RE, Weyman AE, Levine RA, Thomas JD: Application of color Doppler flow mapping to calculate effective regurgitant orifice area. An in vitro study and initial clinical observations. *Circulation* 1993;88:1150-6
10. Enriquez-Sarano M, Seward JB, Bailey KR, Tajik AJ: Effective regurgitant orifice area: a noninvasive Doppler development of an old hemodynamic concept. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:443-51
11. Rivera JM, Mele D, Vandervoort PM, Morris E, Weyman AE, Thomas JD: Effective regurgitant orifice area in tricuspid regurgitation: clinical implementation and follow-up study. *Am Heart J* 1994;128:927-33
12. Enriquez-Sarano M, Miller FA Jr, Hayes SN, Bailey KR, Tajik AJ, Seward JB: Effective mitral regurgitant orifice area: clinical use and pitfalls of the proximal isovelocity surface area method. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:703-9
13. Yoganathan AP, Cape EG, Sung HW, Williams FP, Jimoh A: Review of hydrodynamic principles for the cardiologist: applications to the study of blood flow and jets by imaging techniques. *J Am Coll Cardiol* 1988;12:1344-53
14. Ishii M, Jones M, Shiota T, Yamada I, Heinrich RS, Holcomb SR, Yoganathan AP, Sahn DJ: Quantifying aortic regurgitation by using the color Doppler-imaged vena contracta: a chronic animal model study. *Circulation* 1997;96:2009-15
15. Ishii M, Jones M, Shiota T, Heinrich R, Yamada I, Sinclair B, Yoganathan AP, Sahn DJ: Evaluation of eccentric aortic regurgitation by color Doppler jet and color Doppler-imaged vena contracta measurements: an animal study of quantified aortic regurgitation. *Am Heart J* 1996;132:796-804
16. Zhou X, Jones M, Shiota T, Yamada I, Teien D, Sahn DJ: Vena contracta imaged by Doppler color flow mapping predicts the severity of eccentric mitral regurgitation better than color jet area: a chronic animal study. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1393-8
17. Teirstein P, Yeager M, Yock PG, Popp RL: Doppler echocardiographic measurement of aortic valve area in aortic stenosis: a noninvasive application of the Gorlin formula. *J Am Coll Cardiol* 1986;8:1059-65
18. Ishii M, Jones M, Shiota T, Yamada I, Sinclair B, Heinrich RS, Yoganathan AP, Sahn DJ: Temporal variability of vena contracta and jet areas with color Doppler in aortic regurgitation: a chronic animal model study. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:1064-71
19. Mori Y, Shiota T, Jones M, Wanitkun S, Irvine T, Li X, Delabays A, Pandian NG, Sahn DJ: Three-dimensional reconstruction of the color Doppler-imaged vena contracta for quantifying aortic regurgitation: studies in a chronic animal model. *Circulation* 1999;99:1611-7
20. Shiota T, Jones M, Agler DA, McDonald RW, Marcella CP, Qin JX, Zetts AD, Greenberg NL, Cardon LA, Sun JP, Sahn DJ, Thomas JD: New echocardiographic windows for quantitative determination of aortic regurgitation volume using color Doppler flow convergence and vena contracta. *Am J Cardiol* 1999;83:1064-8
21. Sato Y, Kawazoe K, Kamata J, et al: Clinical usefulness of the effective regurgitant orifice area determined by transesophageal echocardiography in patients with eccentric aortic regurgitation. *J Heart Valve Dis* 1997; 6: 580-6
22. Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ: Assessment of severity of aortic regurgitation using the width of the vena contracta: A clinical color Doppler imaging study. *Circulation* 2000; 102: 558-64
23. Sahn D, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A: Recommendations regarding quantification in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978; 58:1072-83
24. Hall AS, Brickner ME, Willet DL, Irani WN, Afridi I, Grayburn PA: Assessment of Mitral Regurgitation Severity by Doppler Color Flow Mapping of the Vena Contracta. *Circulation* 1997; 95: 636-42
25. Spain MG, Smith MD, Grayburn PA, Harlamert EA, DeMaria AN: Quantitative assessment of mitral regurgitation by Doppler color flow imaging: angiographic and hemodynamic correlations. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 585-90



26. Ascah KJ, Stewart WJ, Gillam LD, Triulzi MO, Newell JB, Weyman AE: Calculation of transmitral flow by Doppler echocardiography: a comparison of methods in a canine model. *Am Heart J* 1989;117:402-11
27. Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ, Krohn MJ, Mays JM: Quantitative Doppler assessment of valvular regurgitation. *Circulation* 1993;87:841-8
28. Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease: technical indications and interpretation in 700 cases. *Am J Cardiol* 1964;14:437-47
29. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10
30. Dolan MS, Castello R, St Vrain JA, Aguirre F, Labovitz AJ: Quantitation of aortic regurgitation by Doppler echocardiography: a practical approach. *Am Heart J* 1995; 129:1014-20
31. Grayburn PA, Fehske W, Omran H, Brickner ME, Luderitz B: Multiplane transesophageal echocardiographic assessment of mitral regurgitation by Doppler color flow mapping of the vena contracta. *Am J Cardiol* 1994;74:912-7
32. Dalal D, Nagy B, Berger M, Hecht S, Hupart P, Sherman W: Assessment of aortic regurgitation by color flow and continuous-wave echocardiography. *Am J Cardiol* 1996; 77: 661-3
33. Yamachika S, Reid CL, Savani D, Meckel C, Paynter J, Knoll M, Jamison B, Gardin JM: Usefulness of color Doppler proximal isovelocity surface area method in quantitating valvular regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:159-68
34. Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Fett SL, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ: Application of the proximal flow convergence method to calculate the effective regurgitant orifice area in aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:1032-9
35. Reimold SC, Maier SE, Fleischmann KE, Khatri M, Piwnica-Worms D, Kikinis R, Lee RT: Dynamic nature of the aortic regurgitant orifice area during diastole in patients with chronic aortic regurgitation. *Circulation* 1994;89:2085-92
36. Baumgartner H, Schima H, Kuhn P: Value and limitations of proximal jet dimensions for the quantitation of valvular regurgitation: an in vitro study using Doppler flow imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1991;4:57-66
37. Yoran C, Yellin EL, Hori M, Tsujioka K, Laniado S, Sonnenblick EH, Frater RW: Effects of heart rate on experimentally produced mitral regurgitation in dogs. *Am J Cardiol* 1983; 52:1345-9
38. Switzer DF, Yoganathan AP, Nanda NC, Woo YR, Ridgway AJ: Calibration of color Doppler flow mapping during extreme hemodynamic conditions in vitro: a foundation for a reliable quantitative grading system for aortic incompetence. *Circulation* 1987;75:837-46
39. Bolen JL, Alderman EL: Hemodynamic consequences of afterload reduction in patients with chronic aortic regurgitation. *Circulation* 1976;53:879-83
40. Yoran C, Yellin EL, Becker RM, Gabbay S, Frater RW, Sonnenblick EH: Dynamic aspects of acute mitral regurgitation: effects of ventricular volume, pressure and contractility on the effective regurgitant orifice area. *Circulation* 1979;60:170-6
41. Caguioa ES, Reimold SC, Velez S, Lee RT: Influence of aortic pressure on effective regurgitant orifice area in aortic regurgitation. *Circulation* 1992;85:1565-71
42. Braunwald E: Valvular heart disease. In: Braunwald E, editor. *Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 5th ed. Philadelphia: Saunders, 1997; 1007-77
43. Croft CH, Lipscomb K, Mathis K, Firth BG, Nicod P, Tilton G, Winniford MD, Hillis LD: Limitations of qualitative angiographic grading in aortic or mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1984;53:1593-8
44. Yoshida K, Yoshikawa J, Hozumi T, Akasaka T, Yamaura Y, Minagoe S, Nakajima H, Miyamoto T: Assessment of aortic regurgitation by the acceleration flow signal void proximal to the leaking orifice in cinemagnetic resonance imaging. *Circulation* 1991;83:1951-5
45. Cranney GB, Benjelloun H, Perry GJ, Lotan CS, Blackwell JG, Coghlan CH, Pohost GM: Rapid assessment of aortic regurgitation and left ventricular function using cine nuclear magnetic resonance imaging and the proximal convergence zone. *Am J Cardiol* 1993; 71:1074-81
46. Globits S, Frank H, Mayr H, Neuhold A, Glogar D: Quantitative assessment of aortic regurgitation by magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 1992;13:78-83
47. Mennel RG, Joyner CR Jr, Thompson PD, Pyle RR, Macvaugh H 3d. The preoperative and operative assessment of aortic regurgitation. Cine-aortography vs. electromagnetic flowmeter. *Am J Cardiol* 1972;29:360-6
48. Bolger AF, Eigler NL, Maurer G: Quantifying valvular regurgitation. Limitations and inherent assumptions of Doppler techniques. *Circulation* 1988;78:1316-8