

Mitral Pozisyonundaki Kalp Kapak Protezlerinin Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

ECHOCARDIOGRAPHIC ASSESSMENT OF MITRAL PROSTHETIC HEART VALVES

Hakan KARPUZ*, Xavier JEANRENAUD*

* Dr.Division de Cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, Lozan, İSVİÇRE

ÖZET

Mitral kapak protezli hastaların takibinde ekokardiyografi, güvenilir ve non-invaziv bir yöntemdir. Bu yazımızda transtorasik M-mode ve iki boyutlu ekokardiyografi (mitral kapak protezinin mobil olan elemanın hareketini ve kalp odacıklarının boyutlarını incelemek için), renkli, pulsed ve continuous Doppler (mitral kapak protezinin hemodinamik profilini değerlendirmek için) tek tek ele alınarak incelenmektedir. Ayrıca, özellikle mitral kapak protezinin disfonksiyonunu çağrıştıracak patolojilerin (örneğin ateş, sistemik emboli...) bulunduğu durumlarda, transözofajeal ekokardiyografinin rolüne kısaca değinilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mitral kapak protezi, Ekokardiyografi

T Klin Kardiyoloji 1996, 9:157-161

Çeşitli mitral kapak hastalıklarında uygulanan mitral kapak replasmanı, mortalitesi düşük olan cerrahi bir tedavi yöntemidir. Buna karşılık gerek mekanik, gerekse biyoprotez kapak taşıyıcısı olan bu hastalar, tromboz veya kapak dejeneresansı gibi birtakım komplikasyonlar ile sık olarak karşılaşmaktadırlar. Bu nedenle ilgili hastaların güvenilir yöntemler ile düzenli bir şekilde takip edilmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu yöntemlerden biri kalp kateterizasyonudur. Kateterizasyonun, mitral kapak taşıyıcısı olan hastalarda bazen zor ve riskli olması nedeniyle non-invaziv ve güvenilir olan başka bir yöntemin kullanılmasının daha uygun olduğu kabul edilmektedir. Bu yöntem, son zamanlarda büyük gelişmeler gösteren ve geniş bir uygulama alanı bulan ekokardiyografidir. M-mode ve iki boyutlu ekokardiyografinin mitral kapak protezlerini değerlendirmede sınırlı olmalarına karşılık (1), Doppler ekokardiyografi yöntemleri bu konuda son derece önemli bilgiler sağlamaktadır (2). Ayrıca teknik açıdan büyük ilerlemeler gösteren transözofajeal ekokardiyografinin (biplan ve özellikle multiplan) mitral kapak protezlerini değerlendirmedeki katkıları çok önemlidir (3).

Geliş Tarihi: 23.03.1995

Yazışma Adresi: Dr.Hakan KARPUZ
13, rue de la Ferme 1205
Ceneyre, İSVİÇRE

T Klin J Cardiol 1996, 9

SUMMARY

Echocardiography is a reliable non-invasive method for the follow-up of the patients with prosthetic mitral valves. In this article, we review the current status of transthoracic M-mode and two dimensional echo (for evaluating the movement of the mobile element of the mitral valve prosthesis and the size of the cardiac chambers), Doppler color-flow mapping, conventional pulsed and continuous-wave Doppler (for evaluating the haemodynamic profile of the mitral valve prosthesis). We also review briefly the role of the transoesophageal echocardiography which is especially useful when there are abnormalities suggesting of prosthetic mitral valve dysfunction (fever, systemic embolism...).

Key Words: Mitral valve prosthesis, Echocardiography

T Klin J Cardiol 1996, 9:157-161

Bu yazımızda transtorasik ekokardiyografide kullanılan değişik yöntemler ele alınacak ve her yöntem için normal ve patolojik olan mitral kapak protezlerinin özelliklerinden bahsedilecektir. Ayrıca son bölümde transözofajeal ekokardiyografinin mitral kapak protezlerini değerlendirmedeki rolüne kısaca değinilecektir.

M-Mode Ekokardiyografi

M-mode kaydı sol parasternal eko penceresi kullanılarak yapılır. Doppler ekokardiyografi yöntemleri ortaya çıktığından beri protez kapağın fonksiyonunu değerlendirmedeki önemi azalmıştır. İki boyutlu ekokardiyografi eşliğinde uygulandığı zaman bile duyarlılığı ve özgüllüğü fazla değildir (4). Bu yöntem ile protez kapak elemanlarının hareketleri incelenir. Mitral protez kapakların metal olan kısımları, önemli derecede artifakt yaratarak M-mode ile analizi güçleştirebilir (5).

Normal protezler: Protezin mobil olan elemanının (örneğin Starr-Edwards kapağında topun, Bjork-Shiley kapağında diskin, St Jude medical kapağında yaprakçıkların) M-Mode ile kaydedilen "gezintisi" (excursion) üretici firmaların verdiği değerlere uygundur. Ayrıca protez kapağın açılmasında herhangi bir gecikme söz konusu değildir. Kapağın açılmasında, seyrek dahi olsa intermitant olarak gecikme görülebileceği için (6) protezin hareketini en az 20-30 siklus boyunca takip etmelidir. Gerekirse eşzamanlı fonokardiyografi kullanılarak, ikinci kalp sesinin aortik komponenti ile mitral protezin açılması

arasındaki zaman aralığı ölçülebilir (7). Elde edilen ölçümleri karşılaştırabilmek için, normal değerleri içeren yayınlar literatürde bulunmaktadır (8).

Patolojik protezler: Protez kapağın açılmasının M-Mode kayıtlarında görülmeyişi protezin disfonksiyonunu akla getirmelidir. Aynı şekilde açılmadaki herhangi bir gecikme de patolojik olarak kabul edilmelidir. Bu gecikme değerlendirilirken birtakım faktörler (örneğin kalp hızı, ritm değişiklikleri) göz önüne alınmalıdır. Biyoprotezlerde ise yaprakçıkların anormal derecede kalınlaşması veya hareketlerinin azalması protezin obstrüksiyonunu düşündürmelidir.

M-Mode, mitral protezin disfonksiyonunda görülebilen indirekt belirtilerin araştırılmasında da (örneğin genişlemiş sol ventrikül boyutlarının ölçülmesi) yardımcı olmaktadır.

İki Boyutlu Ekokardiyografi

Bu yöntem ile protezleri incelemek için, başta apikal ve sol parasternal olmak üzere çeşitli eko pencereleri kullanılmalıdır, iki boyutlu ekokardiyografi mitral pozisyonundaki protez kapağın ve etrafındaki oluşumların görüntülenmesini sağlar. Biyoprotezlerde, sol parasternal kısa aksta kapak orifis alanının direkt olarak ölçülmesi mümkün olabilir (9).

M-Mode ekografide olduğu gibi, protezin metalik kısımlarının özellikle sol atriyum tarafında yarattığı artefakt yansımalar (réverbérations) protezin incelenmesini zorlaştırmaktadır.

Normal protezler: Mitral protez kapağın kalp siklusu boyunca yer değiştirme hareketi normal sınırlar içindedir: kapağın dikilen dış halkası atriyoventriküler halkanın hareketini takip eder. Mekanik kapaklardaki mobil elemanların (St Jude medikal kapağının yaprakçıkları gibi) normal açılıp-kapanma hareketleri seyrek olarak görülebilir (10). Biyoprotezlerin yaprakçıkları daha sık olarak görüntülenebilmekte ve normal olanlarında herhangi bir kalınlaşma, hareketlerinde herhangi bir kısıtlama veya prolapsus bulunmamaktadır. Sol parasternal kısa eksen de ölçülen biyoprotez kapağın efektif orifis alanı da normal sınırlar içindedir. Ayrıca normal fonksiyonu olan protezin çevresi düz ve düzenlidir (11).

Patolojik protezler: İki boyutlu ekokardiyografi, protez kapak disfonksiyonunun anatomik analizini yapmak için vazgeçilmez bir yöntemdir (12). Protez kapaktaki aşırı bir "baskül" hareketi protezin yerinden ayrıldığı (desinsertion) bir işareti olabilir. Mekanik bir protezde disfonksiyona neden olabilecek trombus, vejetasyon gibi patolojik oluşumlar görüntülenebilir, fakat, bu konuda transtorasik ekokardiyografinin duyarlılığının pek yüksek olmadığını hatırlamak gerekir. Buna karşılık biyoprotezlerde bu tür patolojik oluşumları ve yaprakçıkların kalınlaşması veya prolapsusu gibi anatomik lezyonları görüntülememiz daha kolaydır. Ayrıca mitral pozisyonda takılan protezin anormal oryantasyonu sol ventrikül çıkış yoluna doğru bir çıkıntı yaparak bu yolu daraltabilir ve obstrüksiyona neden olabilir (13,14).

M-mode ekografide olduğu gibi, protez disfonksiyonunun indirekt belirtileri (ventrikülün genişlemesi veya kasılma gücünün azalması gibi) iki boyutlu ekokardiyografi ile ortaya konabilir. Bu belirtiler yüksek derecede özgül veya duyarlı değildir. Protez kapak replasmanının hemen sonrasında gelişebilecek komplikasyonlar da (örneğin kompresif hematoma, perikardda sıvı toplaması) yine bu yöntem ile değerlendirilip, takip edilebilir.

Pulsed ve Renkli Doppler

En sık kullanılan eko pencereleri apikal ve sol parasternaldir. Bu iki yöntem, mitral protezlerdeki patolojik kaçığı (regürjitasyon) saptamak için çok önemlidir. Bu konuda renkli Doppler, pratikte pulsed Dopplerden daha fazla kullanılmaktadır.

Normal protezler: Normal doku protezlerinde (homo veya heterograft) renkli akım sinyalleri, diyastolde stentler arasını tamamiyle doldurur. Buna karşılık mekanik protezlerde, renkli Doppler ile protezin tipine göre farklı şekillerde akım sinyalleri saptanır (15). Toplu mekanik protezlerde (örneğin Starr-Edwards) topun yanlarından simetrik olarak iki akım görülür; diskli veya yaprakçıklı mekanik protezlerde (örneğin Sd Jude, Bjork-Shiley) ince, iki veya daha fazla renkli akım sinyalleri görülür. Hastanın eko pencerelerinin kalitesine bağlı olarak bazen bir tek akımın görülmesini protez disfonksiyonu olarak yorumlamamak gerekir.

Birçok protezde, sistol sırasında "fizyolojik" olarak değerlendirilen küçük (1.5-2.8 ml) santral kaçıklar, renkli mozaik sinyaller şeklinde sol atriyumda görülebilir (16): bu durum diskli ve yaprakçıklı mekanik protezlerde sık, biyoprotezlerde ve özellikle Starr-Edwards protezlerinde ise son derece seyrek (17). Yine de "fizyolojik" ile "patolojik" kaçıklar arasında ayırım yapmak çoğu zaman oldukça zordur (18).

Patolojik protezler: Bu protezlerde patolojik kaçıklar sistol sırasında, genellikle yüksek hızlı ve "turbülan" akımlar şeklinde sol atriyum içinde görülür. Pulsed Doppler ile protez kapağın yerleştirildiği yerin etrafı taranarak bu kaçıklar saptanabilir. Yukarıda da belirttiğimiz gibi, renkli Doppler pratikte pulsed Doppler'in yerini almıştır. Bu yöntem ile kaçığın yeri (santral veya paraprotetik) birçok vakada tesbit edilebilir. Patolojik kaçıkların mitral protez kapağın anterior bölgesinden olanları sol parasternal, lateral ve inferiyör bölgesinden olanları ise apikal dört boşluk pozisyonu kullanılarak daha kolay tesbit edilebilir.

Kaçıkların derecesini belirlemek (quantification) bugün halen önemli bir problemdir. Bu konuda yardımcı olacak birçok parametreler bulunmaktadır. Bunlardan biri regürjitan jetin sol atriyum içinde yayıldığı alandır. Bu alan kaçığın hacmine bağlı olduğu gibi sol atriyumun büyüklüğüne, Doppler'in renk ayarına ve kaçığın topografisine de bağlıdır. Bundan dolayı, sadece regürjitan jetin sol atriyum alanına oranı %20'den küçük ise hafif, %20-40 arası ise orta, %40'dan büyük ise şiddetli bir kaçığın var olduğu kabul edilmektedir (19). Diğer bir parametre regürjitan jetin çıktığı yerdeki genişliğidir; özel-

likle mekanik protezlerde kullanılması çok zordur. Bu parametrelerin dışında, kaçağın "konverjans zonunun" incelenmesi gibi başka parametreler de bulunmakta olup, mitral protez kapaklarında geçerlilikleri henüz tam ve kesin olarak kanıtlanamamıştır. Pratikte, çıkış yeri dar ve sol atriyumda yayılma alanı küçük olan kaçaklar önemsiz, çıkış yeri geniş ve yayılma alanı sol atriyumun sonuna kadar olan kaçaklar önemli olarak kabul edilmektedir.

Renkli Doppler ile kaçaklardan başka mitral kapak protezinin obstrüksiyonu hakkında da bir fikir edinilebilir: örneğin biyoprotezlerde, diyastol sırasında sol ventrikül dolduran akımın başladığı yerin 8 mm'den küçük olması protezin obstrüksiyonunun iyi bir işareti (20).

Continuous Doppler

İki boyutlu ekokardiyografi eşliğinde genellikle apikal dört boşluk pozisyonu kullanılarak uygulanır. Kaçakların saptanmasında, özellikle Pedoff prob ile körlemesine uygulanırsa renkli Doppler'e göre daha fazla duyarlıdır. Protodiyastolik basınç gradiyenti, ortalama basınç gradiyenti ve basınç yanlanma zamanı gibi parametrelerin ölçüldüğü bu yöntem Ne kardiyak kateterizasyon arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur (21-23). Basınç gradiyentinin birçok hemodinamik faktör (örneğin kalp debisi ve frekansı, sol ventrikülün ejeksiyon fraksiyonu gibi) tarafından etkilendiğini de unutmamak gerekir (24).

Mitral protez kapağın efektif orifis alanı basınç yarılma zamanı kullanılarak hesaplanabildiği gibi (25), devamlılık denklemi kullanılarak da (önemli bir kapak regürjitasyonu var ise) hesaplanabilir (26). Her iki hesap yönteminde de bazı sınırlamalar mevcuttur (27,28).

Normal protezler: Transprostatik gradiyent ve efektif orifis alanı mitral protezin tipine ve boyuna göre değişiklik gösterir (29-31). Bu konuda yapılan çalışmalar, çeşitli nedenlere bağlı olarak (her model için incelenen

hasta sayısının azlığı, analizi yapılan protezlerinin yaşlarının farklılığı gibi) "normal" mitral kapak protezi kriterlerini henüz kesin olarak belirleyememişlerdir. Pratik olarak, herhangi bir disfonksiyon göstermeyen mitral kapak protezinde, kalp debisi normal sınırlarda ise ortalama basınç gradiyenti 2-8 mmHg arasında olup efektif orifis alanı 1.5 cm²'den büyüktür (32,33). Asıl önemli olan takip sırasında saptanan değerlerin farklılık göstermemesidir. Bundan dolayı, mitral kapak replasmanı yapılmış vakaların hastahanedен ayrılmadan önce Doppler ekokardiyografi ile basınç gradiyentinin belirlenmesi takip için çok önemlidir (34).

Patolojik protezler: Continuous Doppler patolojik kaçakların volümü hakkında fikir verebilir; önemli kaçaklarda elde edilen sinyalin yoğunluğu fazladır. Bu sinyalin maksimal hızı, kaçağın kantifikasyonu için yeterli değildir. Takip sırasında, basınç yarılma zamanının azalmasına paralel olarak transprostatik gradiyentin artması, kalp debisi artışı yok ise önemli derecede bir kaçak olduğunun işaretidir (35).

Protezin stenozunda ise ortalama basınç gradiyentinde artma, efektif orifis alanında ise bir azalma görülür: pratikte 8 mmHg'in üzerinde bulunan ortalama basınç gradiyenti ve/veya 1.5 cm²'nin altında hesaplanan efektif orifis alanı hemodinamik olarak anlamlı bir stenozun işaretidir. Yukarıda da bahsettiğimiz gibi, hastanın takibi sırasında bulunan değerlerin kötüye gitmesi protezdeki herhangi bir patolojiyi gösteren en iyi işarettir.

Transözofajeal Ekokardiyografi

Bu yöntem, özellikle mitral kapak protezlerinin incelenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (36). Protezin oluşturduğu artefakt yansımalar sol ventrikül tarafında oluşacağından, protezin sol atriyumda bakan kısmı rahatlıkla görüntülenebilir. Ayrıca, incelenen kalp boşlukları ile transözofajeal probun yakın temasta olmaları görün-



Şekil 1. Mekanik bir mitral kapak protezinde vejetasyonun transözofajeal ekokardiyografi ile görüntülenmesi (hemodinamik açıdan stabil olmayan bu genç hasta acil olarak ameliyat edilmiş ve kapak üzerindeki kitlenin vejetasyon olduğu patoloji laboratuvarı tarafından doğrulanmıştır) (LA: sol atriyum, LV: sol ventrikül, RA: sağ atriyum, RV: sağ ventrikül, S: septum, P: protez).



Şekil 2. Mekanik bir mitral kapak protezinde paravalvüler jet akımının transözofajeal ekokardiyografi ile görüntülenmesi (displane şikayeti ile hastaneye yatırılan bu hastada oskültasyonda eskiye nazaran artmış bir üfürüm saptanmış, fakat transtorasik eko ile kaçak tesbit edilememiştir) (LA: sol atriyum, LV: sol ventrikül, RA: sağ atriyum, RV: sağ ventrikül, S: septum, P: protez).

tüyü daha da netleştirmektedir. Bundan dolayı, transtorasik ekokardiyografinin çeşitli nedenlere bağlı olarak (örneğin hastanın eko pencerelerinin kötü olması gibi) gerçekleştirilemeyeceği durumlarda bu yöntem uygulanmaktadır (37). Ayrıca, klinik olarak protezde herhangi bir disfonksiyondan şüphe ediliyor (ateş, sistemik emboli, önemli derecede bir üfürümün varlığı gibi) ve transtorasik ekokardiyografi yeterli bir açıklama getiremiyor ise, yine transözofajeal ekokardiyografiye başvurulmalıdır.

Trombus ve vejetasyon gibi oluşumların tesbitinde transtorasik ekokardiyografiye göre daha spesifiktir (38). Şekil 1, transözofajeal ekokardiyografi ile mekanik bir mitral protez kapağına oturmuş vejetasyonu göstermektedir. Ayrıca renkli Doppler'in kullanılması vakaların çoğunda kaçakların topografik teşhisini mümkün kılmaktadır (39). Bu kaçakların öneminin değerlendirilmesinde pulmoner venöz akımın pulsed Doppler ile incelenmesi büyük faydalar sağlamaktadır (40). Son zamanlarda kullanım alanına giren "mütiplan transözofajeal ekokardiyografi" (41) mitral protez kapak kaçaklarının değerlendirilmesine önemli derecede katkılarda bulunmuştur (42).

Laboratuvarımızda uyguladığımız prensip, mitral kapak replasmanından sonraki ilk hafta içinde ve birinci sene sonunda rutin olarak her hastaya transtorasik ekokardiyografi yapmaktır. Ayrıca hastaların semptomlarında görülen bir değişiklik (örneğin dispnenin artması) veya yeni ortaya çıkan bir ritim bozukluğu (örneğin atriyal fibrilasyon) karşısında, şayet iyi bir klinik değerlendirme ve başta oskültasyon olmak üzere dikkatli bir fizik muayene ile protezde bir disfonksiyon şüphesi uyanırsa ekokardiyografik bir araştırma yapılmaktadır. Şüphe derecesi ne olursa olsun öncelikle transtorasik ekokardiyografi uygulanmakta, temelde yatan probleme tatmin edici bir cevap verilemez ise transözofajeal ekokardiyografi yapılmaktadır (Şekil 2). Bu durumun istisnaları olabilir: örneğin mitral kapak protezinde, transtorasik eko ile tesbit edilememiş vejetasyonu olan hastaların takibinde direkt olarak transözofajeal ekokardiyografi uygulanabilir. Buna karşılık, ekokardiyografik inceleme sonucunda tedavide veya takipte önemli bir değişiklik yapılmayacak ise (örneğin ileri derecede yaşlı hastalarda) ekokardiyografik değerlendirme transtorasik ile sınırlandırılabilir.

Görüldüğü gibi ekokardiyografi, mitral protez kapaklarını özellikle hemodinamik açıdan değerlendirmede son derece önemli bir rol oynamaktadır. Non-invazif ve tekrarlanabilir olması bu metodun değerini daha da arttırmaktadır. Transözofajeal ekokardiyografi gibi yeni tekniklerin kullanılmasının yaptığı katkılar ise tartışmasızdır. Tüm bu teknik gelişmelere rağmen iyi bir anamnezin ve dikkatli bir fizik muayenenin değeri de asla unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Alam M, Rosman HS, Lakier JB, et al. Doppler and echocardiographic features of normal and dysfunctioning bioprosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10:851-8.
2. Kotler MN, Goldman A, Parry WR. Noninvasive evaluation of cardiac valve prostheses. In: Kotler MN, Steiner RM, eds. *Cardiac imaging: New technologies and clinical applications*. Cardiovascular clinics. Philadelphia: FA Davis Co, 1986; 17:201-19.
3. Van Den Brink RBA, Visser CA, Basart DCG, et al. Comparison of transthoracic and transesophageal color Doppler flow imaging in patients with mechanical prostheses in the mitral valve position. *Am J Cardiol* 1989; 63:1471-74.
4. Nanda NC, Cooper JW, Mahan III EF, et al. Echocardiography assessment of prosthetic valves. *Circulation* 1991; 84(Suppl 1):I-228-I-239.
5. Sprecher DL, Adamick R, Adams D, et al. In vitro color flow, pulsed and continuous wave Doppler ultrasound masking of flow by prosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9:1306-10.
6. Veendelaal M, Nanda NC. Noninvasive diagnosis of mitral prostheses malfunction. *Am J Med* 1980; 69:458-62.
7. Assanelli D, Aquilina M, Marangoni S, et al. Echophonocardiographic evaluation of the Bjork-Shiley mitral prosthesis. *Am J Cardiol* 1986; 57:165-70.
8. Lewis R, Rittgers SE, Boudoulas H. A critical review of systolic time intervals. *Am Heart Assoc Monograph* 1980; 66:73.
9. Chambers JB, Cochrane T, Black MM, et al. The Gorlin formula validated against directly observed orifice area in porcine mitral bioprostheses. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13:348-53.
10. Amann FW, Burckhart D, Hasse J, et al. Echocardiographic features of the correctly functioning of the St Jude medical valve prostheses. *Am Heart J* 1981; 101:45-51.
11. Schapira JN, Martin RP, Fowles RE, et al. Two-dimensional echocardiographic assessment of patients with bioprosthetic valves. *Am J Cardiol* 1979; 43:510-9.
12. Lesbre JP, Isorni C, Lesperance J, et al. Les dysfonctions de bioprostheses. Apport respectif de l'échocardiographie et du Doppler. *Arch Mal Coeur* 1986; 79:1278-86.
13. Freedberg RS, Kronzon I, Gindea AJ, et al. Non-invasive diagnosis of left outflow tract caused by a porcine mitral prostheses. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9:698-700.
14. Rosenzweig MS, Nanda NC. Two-dimensional echocardiographic detection of left ventricular wall impaction by mitral prosthesis. *Am Heart J* 1983; 106:1069-76.
15. Jones M, Eidbo EE. Doppler color flow evaluation of prosthetic mitral valves: experimental epicardial studies. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13:234-40.
16. Baumgartner H, Khan S, De Robertis M, et al. Color Doppler regurgitant characteristics of normal mechanical mitral valve prosthesis in vitro. *Circulation* 1992; 85:323-32.
17. Panidis IP, Ross J, Mintz G. Normal and abnormal prosthetic valve function as assessed by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 8:317-26.
18. Gibbs J, Wharton GA, Williams GJ. Doppler ultrasound of normally functioning mechanical mitral and aortic valve prostheses. *Int J Cardiol* 1988; 18:391-8.
19. Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, et al. Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. *Circulation* 1987; 75:175-83.
20. Kapur KK, Fan P, Nanda C, et al. Doppler color flow mapping in the evaluation of prosthetic mitral and aortic valve function. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13:1561-71.

21. Burstow D, Nishimura R, Bailey K, et al. Continuous wave Doppler echocardiography measurement of prosthetic valve gradients: a simultaneous Doppler-Catheter correlative study. *Circulation* 1989; 80:504-14.
22. Wilkins GT, Gillam LD, Kritzer GL, et al. Validation of continuous wave Doppler echocardiographic measurements of mitral and tricuspid prosthetic valve gradients: a simultaneous Doppler-Catheter study. *Circulation* 1986; 74:786-95.
23. Fawzy M, Murtada H, Ziady G, et al. Hemodynamic evaluation of porcine bioprosthesis in the mitral position by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1987; 59:643-6.
24. Reisner SA, Lichtenberg GS, Shapiro JR, et al. Exercise Doppler echocardiography in patients with mitral prosthetic valves. *Am Heart J* 1989; 118:755-9.
25. Hattle L, Angelsen B. Prosthetic valves. In: Hattle L, Angeisen B, eds. *Doppler ultrasound in cardiology: Physical Principles and Clinical applications*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985: 189-96.
26. Dumesnil JG, Honos GN, Lemieux M, et al. Validation and application of mitral prosthetic valvular areas calculated by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1990; 65:1443-48.
27. Nakatani S, Masuyama T, Kodama K, et al. Value of 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.
28. Thomas J, Weyman A. Doppler mitral pressure half-time: a clinical tool in search of theoretical justification. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10:923-9.
29. Reisner SA, Meitzer RS. Normal values of prosthetic valve Doppler echocardiographic parameters: a review. *J Am Soc Echocardiogr* 1988; 1:201-10.
30. Cooper DM, Stewart WJ, Schiavone WA, et al. Evaluation of normal prosthetic valve function by Doppler echocardiography. *Am Heart J* 1987; 114:576-82.
31. Fawzy ME, Halim M, Ziady G, et al. Hemodynamic evaluation of porcine bioprosthesis in the mitral position by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1987; 59:643-6.
32. Sagar K, Wann S, Paulser W, et al. Doppler echocardiographic evaluation of Hancock and Björk-Shiley prosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7:681-7.
33. Heldman D, Gardin J. Evaluation of prosthetic valves by Doppler echocardiography. *Echocardiography* 1989; 6:63-77.
34. Gross CM, Wann LS. Doppler echocardiography in the assessment of prosthetic cardiac valves. In: Nanda NC, ed. *Doppler echocardiography*. New York, Igaku-Shoin, 1985: 326-9.
35. Prasad R, Voyles W, Thadanl U, et al. Serial decreases in pressure half-time: a potential marker for significant prosthetic mitral regurgitation (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1988; 11:176.
36. Alam M, Serwin JB, Rosman HS, et al. Transesophageal color flow Doppler and echocardiographic features of normal and regurgitant. St Jude medical prostheses in the mitral valve position. *Am J Cardiol* 1990; 66:873-5.
37. Seward JB, Khanderia BK, Oh JK, et al. Transesophageal echocardiography: technique, anatomic correlations, implementation and clinical applications. *Mayo Clin Proc* 1988; 63:649-80.
38. Mugge A, Daniel WG, Frank G, et al. Echocardiography In infective endocarditis: reassessment of prognostic implications of vegetations size determined by the transthoracic and the transesophageal approach. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14:631-8.
39. Flachskampf FA, Hoffmann R, Verlande M, et al. Patterns of normal transvalvular regurgitation in mechanical valve prostheses. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18:1493-98.
40. Castello R, Pearson AC, Lenzen P, et al. Effect of mitral regurgitation on pulmonary venous velocities derived from transesophageal echocardiography color-guided pulsed Doppler imaging. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17:1499-1506.
41. Roelandt JRTC, Thomson IR, Vletter WB, et al. Multiplane transesophageal echocardiography: latest evaluation in an imaging revolution. *J Am Soc Echocardiogr* 1992; 5:361-7.
42. Flachskampf FA, Hoffmann R, Franke A, et al. Does multiplane transesophageal echocardiography improve the assessment of prosthetic valve regurgitation? *J Am Soc Echocardiogr* 1995; 8:70-8.