

Transözefajiyal Ekokardiyografi ile Biyoprotez Mitral Kapak Alanı Ölçümünde "PISA" Yönteminin Değeri

VALUE OF PROXIMAL ISOVELOCITY SURFACE AREA METHOD FOR CALCULATION OF PROSTHETIC MITRAL VALVE AREA

Muzaffer DEĞERTEKİN*, Murat GENÇBAY*, Yelda BAŞARAN**, Bengi YAYMACI*, İsmet DİNDAR**, Fikret TURAN**

* Ür., Koşuydu Kalp ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü,

** Doç.Dr., Koşuyolu Kalp ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İSTANBUL

Özet

Protez kapakların değerlendirilmesinde ve takibinde efektif kapak alanının ölçülmesi önemli bir parametredir. Bu çalışmada amacımız, biyo/rotez mitral kapaklarda efektif kalık alanını Transözefajiyal (TEF.) ve yüzey ekokardiyografi (TTE) ile PISA yöntemini kullanarak ölçmek ve bu yöntemin güvenilirliğini, klinik kullanımın değerlendirmektir.

Çalışmaya "Biocor" mitral /rotez kapak fonksiyonu normal bulunan 26 (1K, 9E, 48 ••/-9.3/yıl) hasta dahil edildi. Oubç hastada sinüs ritmi, 11 hastada atriyal fibrilasyon ritmi mevcuttu. Hastaların protez ka/tak takılma süreleri 4-9 (5.6+/-2.1) yıl arasında değişmekteydi.

Hastaların kapak alan ölçümleri TEE ile PISA ve basınç varılanına zamanı (BYT.) yöntemleriyle, TTE ile bu yöntemlere ek olarak devamlılık denklemi t(CONT) yöntemi ile ölçüldü. PISA yönteminde geniş ka/tak alanlarında düşük değer elde etmevi önlemek için $(V_{ml} V_{m-i} a)$ düze/ime kalyası kullanıldı. Böylece MKA; $(2n r_{2xAV} V_{m} x (V_{nu}/V_{m}-V_{a}))$ formülü kullanılarak hesaplandı ve farklı yöntemlerle elde edilen kapak alanı sonuçları birbiriyle karşılaştırıldı.

Kapak alanı değerleri arasında TEE PISA ile TTE PISA, BYZ, CONT arasında sırasıyla $r^{0.88}$, $r=0.79$, $r=0.88$ gibi yüksek pozitif korelasyonlar elde edildi. Geometrik kapak alanı değerleriyle yayii korelasyonlar izlendi ve hesaplanan efektif kapak alanlarının GKA'dan anlamlı şekilde küçük olduğu saptandı.

Sonuç olarak, PISA yönteminin TEE ve TTE ile uygulanabildiği ve biyo/rotez kapak alanı hesaplamasında klasik yöntemlere alternatif güvenilir bir yöntem olduğu izlendi.

Anahtar Kelimeler: Transözefajiyal ekokardiyografi, "PISA", Biyoprotez mitral kapak, Kapak alanı ölçümü

T Klin Kardiyoloji 1998, 11:85-91

Geliş Tarihi: 31.03.1998

Yazışma Adresi: Dr.Muzaffer DEĞERTEKİN
Koşuyolu Kalp ve Araştırma Hastanesi,
Koşuyolu Gad. 81020
Kadıköy, İSTANBUL

T Klin J Cardiol 1998, 11

Summary

//; this study, we investigated the accuracy of orifice area determination of prosthetic valve (Biocor) by using proximal isovelocity surface area method (PISA). Twenty- six patients (17 E 9M. with mean age 48 + - 9.3 years) were studied. Fifteen patients were in NSR and rest of them in AF. Size of prosthetic valves were "27-31 and implantation duration was 4-9 years.

Transthoracic and transeoesophageal echocardiographic examinations were performed and prosthetic valve areas were measured by PISA, pressure half time (PHT) and continuity equation (CONT) methods. In TEE approach PISA and PITT methods were used. In PISA method, we analysed the flow convergence zone proximal to the valve orifice with concept of hemispheric model. Mitral valve area (MVA) calculation was formulated by; $MVA = 2n r_{2xAV} V_{m} x (V_{in} / V_{m} - AV_i)$ where V_m is the maximal mitral velocity $V_m / V_m - AV$ is a correction factor to account for flattening of isolaclis near the prosthetic orifice.

Mitral valve areas were found. 2.24 U- 0.18 cm². 2.20+1-0.24 cm², 2.19+1- 0.12 cm², in TTE by PISA, PHT, and CONT methods respectively and 2.24+/- 0.15 cm² in TEE by PHT and PISA methods. In the comparison of MVA measurements by TEE PISA, TEEPISA vs TTE PISA $r=0.88$. TEE PISA vs TTE PHT $r=0.79$. PISA vs CONT $r=0.88$ and TEEPISA vs TEE PHT $r=0.82$ were found. Beside these, weak correlations were obtained between applied methods and geometric orifice area.

As a conclusion, PISA method gives reliable estimates of large orifices like prosthetic valves. Although the best correlation was seen with CONT method, results of this study also confirmed that PISA method can be applied with reasonable accuracy. And also our data suggest that the calculated areas by PISA method agree well with those obtained from TEE and TTE.

Key Words: Transesophageal echocardiography, PISA method, Prosthetic mitral valve, Valve area measurement

T Klin J Cardiol 1998, 11:85-91

Protez mitral kapakların değerlendirilmesi ve takibinde ekokardiyografi noninvaziv bir tetkik olarak önemli yer tutmaktadır (1-3). Ekokardiyografik değerlendirmede hem yüzey hem de trans-özefajiyal inceleme sırasında kapak gradienti, kalp boşluklarında trombüs varlığı, kapak hareketi yanında kapak alanının hesaplanması da önemli bir parametre olarak dikkate alınmaktadır (4-7).

Ekokardiyografik değerlendirilmede basınç yarılanma zamanı (BYZ) ve devamlılık denklemi (CONT) yaygın olarak kullanılan kapak alanı yöntemleridir (83)). Bu yöntemlerin kendi içinde bazı kısıtlılıkları vardır ayrıca protez kapak alanı hesaplamasında özellikle BYZ yönteminin sonuçları oldukça tartışmalıdır (10-13). Bunun yanında son yıllarda devamlılık denklemi prensiplerine dayanan "Proximal isovelocity surlacc arca" (PISA) yöntemiyle mitral darlığı hastalarında kapak alanı hesaplamasında güvenilir sonuçlar alınmıştır (14-16). Protez kapaklarda efektif kapak alanı ve akım volümü hesaplamasında PISA yönteminin kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda ön çalışma vardır ve sonuçları olumludur (17-19).

Bu çalışmada amacımız, biyoprotez mitral kapak alanı hesaplamasında "PISA" yönteminin yüzey ve transözefajiyal ekokardiyografide uygulanabilirliğini incelemek ve PISA ile elde edilen sonuçları diğer ekokardiyografik yöntemlerle karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya Koşuyolu Kalp ve Araştırma hastanesinde yüzey ve transözefajiyal ekokardiyografik inceleme yapılan ve normal fonksiyonlu "Biocor " normal mitral protez kapağı bulunan 26 hasta dahil edildi. Hastaların 1T'si kadın, 9'tu erkekli ve yaş ortalaması 48+/- 9.3 yıldır. Onbeş hastada sinüs ritmi. 11 hastada atriyal fibrilasyon mevcuttu. Hastaların protez kapak takılma süreleri 4-9 (5.6 • f-2.1) yıl arasında değişmekteydi. 8 hastada hafif- orta derecede aort yetersizliği ve 4 hastada minimal santral mitral yetersizlik mevcuttu. İncelenen baskılardaki mitral kapakların boyutları *27-31 numaralar arasında değişmekteydi (Tablo 1).

Hastaların TTE'leri sol lateral decubitus pozisyonunu .a gerçekleştirildi. TTE ile hastaların mitral kapak alanları BYZ, "PISA" ve CONT yön-

Tablo i. Hastaların klinik özellikleri

Cinsiyet	171 aıdm, 9 erkek
Yaş (yıl)	48 a 1-9.3 (32 - 73, yıl)
Kalp ritmi	15 asr. 11 af
Diğer kapak hast.	8 ac n yetin. 4 mitral yetin.
Kapak implantasyon periyodu (yıl)	5.6-/-2.1 (4-9/yıl)
Kapak boyutları	*A7-31 (8/*27. 15*29. 3/*31)

temleri ile değerlendirildi. Kapak gradientleri hesaplandı ve diğer kapaklarda yetersizlik varlığı renkli Doppler ekokardiyografi ile derecelendirildi. TEE incelemesi TTE'den hemen sonra yapıldı ve TEE'de kapak alanı hesaplamasında BYZ ve "PISA" yöntemleri uygulandı.

Basınç yarılanma zamanı yöntemi (BYZ) TTE ve TEE sırasında Doppler ekokardiyografi ile mitral kapaklardan elde edilen maksimal hız profili üzerinden deselerasyon hattının çizilmesi sonrasında ekokardiyografi cihazı tarafından hesaplandı.

"PISA" yöntemi TTE ve TEE ile uygulandı. Renkli Doppler ile mitral kapak üzerinde oluşan akım yaklaşma bölgesinin mavi-kırmızı renkli sınır çizgisi belirlenerek en geniş olanı üzerinde cihazın "cine-loop" ve büyütme fonksiyonundan yararlanılarak yarıçap (r) ölçümleri yapıldı (Şekil 1 a-b). Protez kapak yaprakları tam olarak açıldığından açı düzeltme faktörü kullanılmadı ancak sol atriyumdan ventriküle doğru oluşan renkli akımın yaklaşma bölgesinin yataylastığı kabul edilerek buna bağlı düşük kapak alanı hesaplamasını önl-



Şekil 1a. TTE ile renkli Doppler ile mitral kapak üzerinde oluşan akım yaklaşma bölgesi ve yarıçapı (r).



Şekil II». THK ile renkli Doppler ile mitral kapak üzerimle oluşan akım yaklaşma bölgesi ve yarıçapı (r).

inek için $V_m/V_{1n}-V_n$ olan düzeltme faktörü kullanıldı (20), "PISA" ile MKA ölçümü sırasında, aliasing velosile (AV) 20-40 cm/sn sınırlan içinde tutulmak üzere her hasla için en uygun aliasing velosile seçilerek uygulandı. Hesaplanan mitral kapak akım voltimünün maksimum mitral akım hızına (V_{111}) bölünmesiyle VİKA hesaplandı. Sonuç olarak aşağıdaki formül hem TTE hemde TER sırasında uygulandı.

$$PISA \text{ MKA} = 2 \pi r^2 \times AV / V_m \% (V_m / V_m - AV)$$

Devamlılık denklemi ile kapak alanı, ek kapak yetersizlik durumuna göre pulmoner veya aort kapak Doppler ve iki boyutlu ekokardiyografi ölçümleri kullanılarak gerçekleştirildi. Pulmoner arter alanı, iki boyutlu ekokardiyografi ile parasternal kısa eksen kesitlerden aııulus çapının ölçümünden elde edildi. Aort alanı ise parasternal uzun eksen yaklaşımdan kapakların hemen allından sol ventrikül çıkış yolu boyutu kullanılarak hesaplandı. Doppler ölçümleri pulmoner arter için parasternal kısa eksen , aort için apikal 5 boşluk ve mitral protez kapak için apikal dört boşluk yaklaşım ile yapıldı. Elde edilen akım profillerinden zaman hız integrali (ZHI aort, pulmomer ve mitral) belirlendi. Kapak alanı ölçümleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

MKA : Aort (Pulmoner) anulus alanı \ ZHI aort (ZHI pulmoner) / ZHI mitral

Devamlılık denklemi yöntemi yüzey ekokardiyografik olarak uygulandı. Kapak numaralarına göre geometrik kapak alanları (GKA) üretici firmadan elde edildi (21).

Hastaların TTE ve TEE Terı Vingmed CEM 800 cihazı ile 3.25 mHz yüzey ve 5.0 mHz "multi-plane" transözcafiyal probe kullanılarak gerçekleştirildi. Mitral kapak alanı ölçümleri sinüs ritmindeki hastalarda 3 atriyal fibrilasyonlularda 5 ölçümün ortalaması alınarak elde edildi.

İstatistiksel analiz

Mitral kapak alanı ölçümlerinin yöntemlere göre farklılığı ANOVA ve eşleştirilmiş- t testi ile değerlendirildi. Ayrıca bu değerlerin standart hataları, lineer regresyon analizleri ve korelasyon katsayıları hesaplandı. $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Sonuçlar

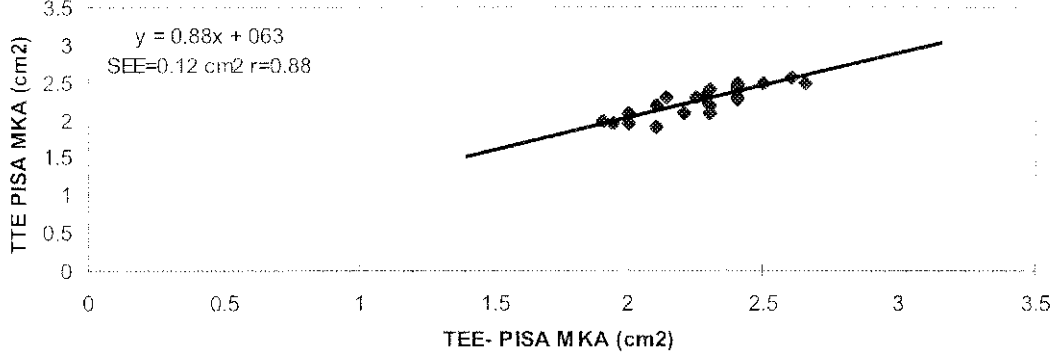
Yüzey ekokardiyografi gerçekleştirilen hastaların tümüne TEE uygulandı. TEE uygulaması sırasında komplikasyona rastlanmadı. Hastaların MKA hesaplamasında TTE ile BYZ yöntemi bütün hastalara uygulanırken CONT ve PISA yöntemi 24/26 (%92) hastada, TEE ile BYZ 24/26 (%92) hastada , PISA ise 23/26 (%88) hastada uygulanabildi. Ölçüm yapılamama 2 hastada uygunsuz Doppler akım paterni ve 3 hastada da TEE sırasında yetersiz renkli Doppler görüntüsü nedeniyle oldu. Kapak alanı ortalamaları TTE PISA , TTE BYZ ve TTE CONT ile sırasıyla 2.24 \pm 0.18 em-, 2.20 \pm 0.24 cm- ve 2.19 \pm 0.20 cm- hesaplandı. TEE ile yapılan ölçümlerde ise BYZ ve PISA ile kapak alanı ortalamaları sırasıyla 2.24 \pm 0.16 em-, 2.2M \pm 0.15 em² olarak bulundu. Hastaların TTE sırasında kalp hızı ortaktın 78D-5.6/dk, TEE sırasında ise 84 \pm 6.3/dk ($p > 0.005$) olarak bulundu.

Protez mitral kapaktan elde edilen maksimal velosite TTE'de ortalama 1.73 \pm 0.4 m/sn, TEF.'de ise 1.67-17-0.3 m/sn bulundu ($p > 0.005$). Bunun yanında diastolik ortalama gradient TTE'de 7,3 2.8 mHg, TEE'de 6.9 \pm 4J rralig ($p < 0.005$) olarak hesaplandı, TTE ile TEE değerlen arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 2).

Yüzey ekokardiyografik incelemede BYZ ve CONT ile elde edilen kapak alanı değerlen ile PISA yöntemi arasında iyi bir korelasyon elde edildi ve regresyon analizinde $n=0,83$, $v=1, 17 \times 4$), 3, SETMUS em² ve $r=0.89$. $y=0,63x + 10.75$. $SEE=0.11$ cm² olarak bulundu.

Tablo 2. TEE ve TTE ile elde edilen ekokardiyografik parametrelerin karşılaştırılması

Parametreler	TTE	TEE	p
Mitral kapak maksimal hız ortalaması (m/sn)	1.73+/-0.47	1.67+/-0.36	NS
Mitral kapak gradienti (mmlig)	7.3+A2.8	6.0+/-4.3	NS
İşlem sırasındaki kalp hızı(dk)	78+A5.6	84+/-6.3	NS
PISA renkli Doppler yarı çapı(r)	1.43+/-0.53	1.38+/-0.37	NS



Şekil 2. PISA yönteminin TEE ve TTE ile elde edilen kapak alanı sonuçları arasındaki lineer regresyon

Transözefajiyal ekokardiyografik incelemede, "PISA" ölçümünde akım yaklaşma bölgesi yarı çapı (r) ortalama 1.38+/-0.37 cm, TTE'de 1.43+/-0.53 cm olarak bulundu. PISA ve BYZ yöntemleriyle ölçülen kapak alanı incelemelerinde iyi derecede pozitif korelasyon gösterdi, $r=0.82$, $y=0.85x+0.52$ SEE=0.16 cm² (Tablo 3).

Ekokardiyografik olarak farklı yöntemlerin (TTE ve TEE) kapak alanı sonuçlarını karşılaştırınca TEE ile elde edilen BYZ ve PISA yöntemi sonuçları ile TTE'den elde edilen BYZ ve PISA sonuçları arasında sırasıyla $r=0.89$, $y=0.61x-0.87$, SEE=0.12 cm², $r=0.88$ $y=0.88x+0.63$, SEE=0.12 cm² (Şekil 2), gibi yüksek pozitif korelasyonlar saptandı. Bunun yanında TTE CONT ile elde edilen kapak alanları ile TEE PISA $r=0.88$ olan pozitif yüksek korelasyon gösterdi (Tablo 3).

Uyguladığımız TTE ve TEE yöntemleriyle (PISA, CONT.BYZ) elde ettiğimiz efektif kapak alan sonuçlarının GKA alanı ile karşılaştırılmasında sırasıyla zayıf korelasyonlar elde edildi (Tablo 4).

Tartışma

Mitral protez kapaklı hastaların takip ve değerlendirilmesinde kapak alanı ölçümü önemli bir

Tablo 3. "PISA" transözefajiyal ekokardiyografi yöntemi sonuçlarının diğer yöntemlerin karşılaştırılması

Yöntemler	Regresyon Katsayısı (r)
TEE PISA-TO PISA	0388
TEE PISA-TEE BYZ	0.82
TEE PISA-TTE CONT	0.88
TEE PISA-TTE BYZ	0.79

TEE, transözefajiyal ekokardiyografi,
TTE; yüzey ekokardiyografi,
BYZ; basınç yarılanma zamanı,
PISA; "proximal isovelocity surface area,
CONT; devamlık denklemi.

Tablo 4. Geometrik kapak alanının uygulanan yöntemlerle arasındaki korelasyonlar

Yöntemler	Regresyon Katsayısı (r)
GKA-TEE PISA	0.57
GKA-TEE BYZ	0.46
GKA-TTE PISA	0.48
GKA-TTE CONT	0.38
GKA-TTE BYZ	0.60

GKA; geometrik kapak alanı,
TEE, transözefajiyal ekokardiyografi,
TTE; yüzey ekokardiyografi,
BYZ; basınç yarılanma zamanı,
PISA; "proximal isovelocity surface area,
CONT; devamlık denklemi.

parametredir. Bu konuda güvenilirliği çok yüksek ekokardiyografik yöntem yoktur. Devamlılık denklemi yönteminin efektif kapak alanı değerlendirilmesinde güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmektedir (8,9). Son yıllarda öncelikle kapak yetersizliklerinde daha sonra mitral darlığı hastalarında kapak alanı ölçümünde kullanılmaya başlanan PISA yönteminin protez, mitral kapaklarda akım volümü ve kapak alanı ölçümü ile ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır (17-19).

Yüzey ekokardiyografi ve TEE sırasında elde ettiğimiz ve PISA yönteminin bir parametresi olan protez kapak mitral akım maksimal hızları ve kapak gradientleri arasında anıandı fark bulunmadı. Bu sonuçlar daha önce bu konuda nativ kapaklar üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları ile uyum gösterdi (22,23).

Mitral darlığından farklı olarak geniş orifisli protez kapaklarda kapak üzerinde renkli Doppler ile oluşan akım yakınlaşma bölgesinin ileri mitral darlıklarına nazaran daha da yataylaştığı kabul edilmekte buna bağlı olarak klasik hemisterik PISA formülünün kullanımı durumunda protez kapak alanı hesaplamasında normalden daha düşük kapak alanı değeri elde edilebilmektedir. Bu durumu önlemek için daha önceki çalışmalarda da kullanılan düzeltme faktörü bizim çalışmamızda da kullanıldı (18-20). Bizim de çalışmamızda gözlemlediğimiz gibi geniş orifislerde kullanılan bu düzeltme faktörü ile klasik PISA yöntemiyle olabilecek normalden düşük kapak alanı değeri hesaplaması önlenmiş oldu.

Biyoprotez kapaklar normofonksiyone olduklarından kapakların tamamen açıldıkları ve dairesel bir tünel oluşturdukları görüldü. Bu nedenle kapak alanı hesaplamasında nativ mitral darlığında olduğu gibi açı düzeltme faktörü (a/180) kullanılmadı.

PISA yönteminin protez kapaklarda kullanımı yanında TEE ile kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır. TEE'nin klinikte giderek artan sıklıkta kullanımı ile protez kapak değerlendirmesi sırasında alternatif bir yöntem olarak PISA'nın kullanımı önem kazanmaktadır. Çalışmamızda PISA yönteminin TEE'de BYZ yöntemine alternatif güvenilir bir yöntem olduğu izlendi. PISA yöntemi mitral protezde hastalara klasik yöntemlerle benzer oranda rahatlıkla uygulanabildi ve diğer yöntem-

lerin TTE ve TEE ile elcic edilen sonuçları ile karşılaştırıldığında güvenilir sonuçlar alındı. TEE'nin bu şekilde kullanımının intraoperatif değerlendirmelerde, kapak replasmanı sonrası yapılacak kapak inceleme ve kapak alanı değerlendirmesinde kolaylık sağlayabileceği izlendi.

PISA yöntemi uygulamasında 20-40 eni sıTlık aliasing velosite sınırları kullanıldı. Yüksek ve çok düşük hızların kullanılmasının çeşitli sınırlılıkları daha önce bildirilmişti. Yapılan invivo ve invitro çalışmalarda 11-38cm/sn'lik hız limitlerinin standart güvenilir ümitler olduğu ve güvenilir sonuçlar verdiği saptanmıştı (24,25). Bizim çalışmamızda benzer aliasing velositede limitleri kullandığımızda protez kapaklarda elde ettiğimiz sonuçlar önceki çalışmalarla uyum gösterdi.

Protez kapaklarda eitektif kapak alanı ölçümünde CONT yönteminin oldukça güvenilir olduğu bildirilmiştir (9,26). Çalışmamızda da PISA yönteminin TEE ve TTE sonuçları ile CONT yöntemi sonuçları yüksek korelasyonlar gösterdi. Bunun en önemli nedeni her iki yöntemde aynı temel prensibe dayalı olmasıyla açıklanabilir,

Biyoprotez kapaklarda BYZ yönteminin kapak alanı hesaplamasında güvenilir kullanımı ile ilgili olumlu ve olumsuz sonuç bildiren çalışmalar vardır. Çalışma grubumuzda BYZ yönlemi sonuçlarını ciddi şekilde etkileyecek ek kapak ve sol ventrikül bozuklukları olmadığından yapılan karşılaştırmalarda PISA yöntemi ile oldukça iyi korelasyongösteren sonuçlar elde edildi. Ayrıca BYZ yöntemi ile TEE ve TTE sırasında elde edilen değerler oldukça yüksek korelasyon göstererek BYZ 'nin biyoprotez kapak değerlendirmesinde hem TTE hemde TEF. ile güvenilir şekilde izlenebileceğini gösterdi.

Mitral biyoprotez kapakların üretici firmasından elde edilen geometrik kapak alanları ile yapılan karşılaştırmalarda anlamlı bir ilişki saptanamadı ve kullandığımız yöntemlerle hesaplanan efektif kapak alanının GKA'nından önemli şekilde küçük olduğu görüldü.

Altın standart olarak kabul edilen (iorlin formülü ile kapak alanı değerlendirmesi çalışmamızda kullanılmadı. Ancak bu yöntemin invaziv bir yaklaşım olması yanında kalp debisi ve akını değişikliklerinden etkilendiği de bilinmektedir (27,28).

Mitral biyoprotez kapakların incelendiği ve PISA yöntemi ile güvenilir sonuçlar alman çalışmamızın sonuçları gözönüne alındığında , diğer kalp konumlarındaki biyoprotez kapakların alanını da PISA formülüyle hesaplanabileceğini düşünöldü.

Çalışmamızda PISA yönteminin, hem TTE hemde TEE ile kullanılabileceği ve protez mitral kapak alanı hesaplamasında klasik yöntemler yanında yardımcı güvenilir alternatif bir yöntem olarak klinik pratikte uygulanabileceği izlendi.

KAYNAKLAR

1. Van den Brink RB/\, Verbeul MA, van Capelle PJJ, Vissel CA, Dunning AJ. Long-term reproducibility of conventional Doppler analysis in patients with prosthetic valves. *J Am Soc Echocardiogr* 1991 ;4:441-8.
2. Melaeini P, Villanova C, Thiene G, et al Long-term echocardiographic Doppler monitoring of Hancock bioprostheses in the mitral valve position. *Am J Cardiol* 1992; 70: 1157-63.
3. Pye M, Wccrasana N, Bam WH, Hutton I, and Cobbe SM. Doppler echocardiographic Characteristics of normal and dysfunctioning prosthetic valves in the tricuspid and mitral position. *Br Heart J* 1990;63:41-9.
4. Daniel WG, Mugge A, Grote J, et al. Comparison of transthoracic and transesophageal echocardiography for detection of abnormalities of prosthetic and bioprosthetic valves in the mitral and aortic positions. *Am J Cardiol* 1993;71:210-7.
5. Kotier MN, Mintz GS, Panidis I, et al. Non-invasive evaluation of normal and abnormal prosthetic valve function. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2:151-9.
6. Alam M, Serwin JB, Rosman HS, et al: Transesophageal echocardiographic features of normal and dysfunctioning bioprosthetic valves. *Am Heart J* 1991; 121:1149-57.
7. Meloni L, Arn GM, Abbruzzese PA, et al. Localization of mitral periprosthetic leaks by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1992; 69:276-83.
8. Fawzy ME, Halim M, Ziady G, Mrcinr E, Phillips R, Andaya W. Hemodynamic evaluation of Porcine Bioprostheses in the mitral position by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 10X7:59: 643-6.
9. Dumcnsil JG, Honos GN, Lemicux M, Beauchemin J. Validation and application of mitral prosthetic valvular areas calculated by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1443-8.
10. Chambers J, Me Loughin N, Rapson A, Jackson G. Effect of changes in heart rate on pressure half time in normally functioning mitral valve prostheses. *Br Heart J* 1988; 60: 501-9.
11. Chambers J, Deverall P. Limitations and pitfalls in the assessment of prosthetic valves with Doppler ultrasonography. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992; 204: 495-503.
12. Flaehskampf FA, Weyman AE, Gillain L, Chun-Ming L, Abascal V, Thomas JD. Aortic regurgitation shortens Doppler pressure half time in mitral stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 396-404.
13. Nakatani S, Masuyama T, Kodama K, Katabake A, Fuji K, Takcnobu K. Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area: comparison of the pressure half time and the continuity equation methods. *Circulation* 1988; 77: 78-85.
14. Rodriguez L, Thomas S, Monterroso V, Weyman A, Horrigan P, Mueller LN. Validation of the proximal flow convergence method: calculation of orifice area in patients with mitral stenosis. *Circulation* 1993; 88: 1157-65.
15. Faletra F, Pezzano A, Fusco R et al. Measurement of mitral valve area in mitral stenosis : Four echocardiographic methods compared with direct measurement of anatomic orifices. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 1190-7.
16. Degertekin M, Başaran Y, Gençbay M, Yaymacı B, Dindar I, Turan F. Validation of flow convergence region method in assessing mitral valve area in the course of transthoracic and transesophageal echocardiographic studies. *Am Heart J* 1998; 135:207-14.
17. Leung D, Vanrevoort P, Greenberg N, Rodriguez L, Stewart W, Thomas J. Proximal flow convergence calculation of forward flow and valve area of normal mitral prostheses: an intraoperative validation. *J Am Coll Cardiol (Abstract)* 1995; 308A, 987-102.
18. Ge S, Jones M, Shiota T, Yamada I et al. Quantification of mitral flow by Doppler color flow mapping. *J Am Soc Echocardiography* 1996; 9: 700-9.
19. Vandervoort PM, Pu M, Greenberg N, Griffin B, Savage R. Application of color Doppler Flow mapping to calculate forward flow through normal St. Jude valve prostheses. *Circulation* 1993; 88: 1-642.
20. Rodriguez L, Anconina J, Flachskanipf FA et al. Impact of finite orifice size on proximal flow convergence : implications for Doppler quantification of valvular regurgitation. *Circ Res* 1992; 70: 923-30.
21. Biocor Industria e pesquisas Ltd. Brasil
22. Stoddard M, Prince C, Turan W, Wagner S. Angle of incidence does not affect accuracy of mitral stenosis area calculation by pressure half time: application to Doppler transesophageal echocardiography. *Am Heart J* 1994; 127: 1562-72.
23. Chan KL, Sochowski Iv. Comparison of transesophageal continuous wave Doppler with transthoracic Doppler in the assessment of mitral stenosis. *J Am Coll Cardiol (Abstract)* 1992.
24. Deng Y, Matsumoto M, Wang X, Liu L, Takizawa S, Takckoshi N. Estimation of mitral valve area in patients with mitral stenosis by the flow convergence method: selection of aliasing velocity . *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 683-9.

25. Rodriguez L, Thomas S, Monterroso V, Weyman A, Horrigan P, Mueller I. N. Validation of the proximal flow convergence method: calculation of orifice area in patients with mitral stenosis. *Circulation* 1993; 88: 1157-65.
26. Sagar KB, Wann LS, Paulsen WH, Romhilt J. Doppler echocardiographic evaluation of Hancock and Bjork-Shiley prosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 1980; 7: 681-7.
27. Fredman C, Pearson A, Labovitz A, Kern VI. Comparison of hemodynamic pressure half time method and Gorlin formula with Doppler and echocardiographic determinations of mitral valve area in patients with combined stenosis and regurgitations. *Eur Heart J* 1990; 119: 121-9.
28. Segal J, Lerner I, Miller C, Mitchell S, Alderman E. When should Doppler determined valve area be better than the Gorlin formula? Variation in hydraulic constants in low flow states. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 1294-305.