

Sekundum atriyal septal defektli çocuklarda miyokard performans indeksi

Tamer BAYSAL, Bülent ORAN, Mustafa DOĞAN, Derya ÇİMEN, Sevim KARAASLAN

Selçuk Üniversitesi Meram Meram Tıp Fakültesi Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalı, KONYA

ÖZET

Doğuştan kalp hastalığı olan hastalarda ventrikül geometrisi bozulacağı için ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmede bazı zorluklar olabilmektedir. Ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmede Doppler eko yöntemi ile elde edilen ve ventrikülün geometrik şekline bağımlı olmayan miyokard performans indeksi erişkin ve çocuklarda araştırılarak kullanılmaya başlanmıştır. Miyokard performans indeksi izovolumik zaman aralıklarının ventrikül ejeksiyon zamanına bölünmesi ile elde edilir. Ventriküllerin ön ve art yük değişikliklerinde bu indeksin nasıl etkilendiği araştırılmalıdır. Bu çalışma atriyal septal defektin (ASD) neden olduğu ön yük değişikliklerinde sağ ve sol ventriküler miyokard performans indeksinin nasıl etkilendiğini araştırmak amacı ile planlandı. Yaşları 6 ay ile 148 ay arasında (ortanca 24 ay) 17 ASD' li ve yaşları 3 ay ile 160 ay arasında (ortanca 17 ay) 24 normal çocukta sol ve sağ ventrikül için miyokard performans indeksi ölçüldü. Sol ventrikül için miyokard performans indeksi ASD ve kontrol grubunda sırası ile 0.38 ± 0.16 ve 0.32 ± 0.09 iken sağ ventrikül için miyokard performans indeksi sırası ile 0.24 ± 0.15 ve 0.20 ± 0.08 bulundu. Gruplar arasında sol ve sağ ventrikül miyokard performans indeksleri yönünden istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktu ($p < 0.05$).

Bu çalışma ile ventrikül fonksiyonlarını ölçmeye yarayan miyokard performans indeksinin ASD' li hastalarda ön yük değişikliklerinden etkilenmediği gösterildi.

Anahtar kelimeler : Atriyal septal defekt, miyokard performans indeksi, ön yük.

Selçuk Tıp Derg 2004;20:109-114

SUMMARY

Myocardial performance index in children with secundum atrial septal defect.

Quantitative assessment of ventricular function in patients with congenital heart disease is often challenging due to distorted ventricular geometry. A myocardial performance index (MPI) has been reported in adults and children that is a Doppler-derived non-geometric measure of ventricular function. The MPI measures the ratio of isovolumic time intervals to ventricular ejection time. The effects of altered ventricular preload or afterload on the MPI have yet to be determined. This study was designed to determine the impact of altered preload on left and right ventricular MPI in the clinical setting of atrial septal defect (ASD). The left and right ventricular MPI were measured in 17 patients with ASD(ages 6 to 148 months, median 24 months), and 24 normal children(ages 3 to 160 months, median 17 months). In patients with ASD and control groups, the left ventricular MPI was 0.38 ± 0.16 and 0.32 ± 0.09 , and the right ventricular MPI was 0.24 ± 0.15 and 0.20 ± 0.08 respectively. No significant change in the left and right ventricular MPI was seen in patients with atrial septal defect and control groups. This study documents that the MPI is a quantitative measure of ventricular function that is appears to be relatively independent of changes in preload.

Key words: Atrial septal defect, myocardial performance index, preload

Miyokard performans indeksi, erişkin yaştaki hastalarda özellikle kalp yetersizliğinin erken teşhis ve takibinde uzun zamandır kullanılan bir ölçüm metodudur. Bu indeksin sadece teşhiste değil tedavi metodlarının etkinliğini değerlendirmede de kolayca uygulanabileceği gösterilmiştir (1, 2). İndeks, izovolumik zaman aralıklarının ejeksiyon zamanına oranı olduğu için ekokardiyografi yapılan her hastada ilave bir teknik donanıma ve

zaman ayırmaya gerek kalmadan hesaplanabilir.

Erişkin hastalarda detaylı biçimde araştırılmış olan bu yöntem henüz çocukluk yaş grubunda yeterince incelenmemiştir. Yapılan bazı çalışmalar çocuklarda da bu metodun kalp yetersizliğinin erken teşhisinde kullanılabileceğini göstermiştir (3-5).

Çalışmamızın amacı atriyal septal defekt'li (ASD) çocuklarda izlem sırasında fizik muayene,

telekardiyografi, EKG ve ekokardiyografi ile elde edilen klinik değerlendirme sonuçlarının ekokardiyografi incelemesi sırasında elde ettiğimiz miyokard performans indeksi sonuçları ile uyumlu olup olmadığının, ayrıca indeksin önyük artışına yol açtığını bildiğimiz ASD'li hastalarda normal kişilere göre farklı bir sonuç verip vermediğinin araştırılmasıdır.

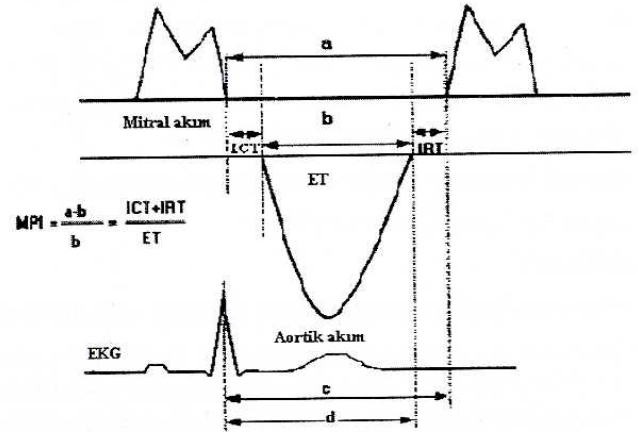
GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Ocak 2003 ile Mayıs 2003 tarihleri arasında Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Çocuk Kardiyolojisi Bilim Dalında yapıldı. Çalışma, hasta ve kontrol grubu olmak üzere iki grupta ileriye dönük olarak planlandı. Hasta grubuna, çocuk kardiyolojisi polikliniğine müracaat edip ekokardiografik incelemelerinde ASD tesbit edilen hastalar alındı. Hasta grubuna; ek bir kalp hastalığı olanlar, sistemik bir hastalık bulgusu olanlar, başka nedenlerle konjestif kalp yetersizliği (KKY) tablosu gelişmiş olanlar (anemi, hipertroidi, hipotroidi, akciğer enfeksiyonu, ritim bozuklukları, kardit gibi) alınmadılar. Kontrol grubu, masum üfürüm tesbit edilen hastalar arasından hasta grubunun yaşına uygun olacak şekilde seçildi, başka bir sistemik veya kalp hastalığı bulunan vakalar çalışmaya alınmadı.

Çalışma grubundaki tüm vakalara fizik muayene, telekardiyografi, EKG ve ekokardiyografi incelemesi yapıldı. Telekardiyografide kardiyotorasik oran (KTO) dikkatli bir biçimde ölçülerek kaydedildi. İlave olarak tüm çalışma grubuna MPI hesaplaması için gerekli ekokardiyografi ölçümleri hem sağ ventrikül, hem de sol ventrikülden yapıldı.

Ekokardiografik inceleme hastalar sırtüstü veya hafif sol yana yatar pozisyonda Hewlett-Packard Sonos 1000 (Hewlett-Packard Co., Andover, Massachusetts) ultrason sistemi ve 2,5 ile 3,5 MHz'lik proplar kullanılarak elde edildi. Ekokardiyografi incelemeleri American Society of Echocardiography' nin önerdiği standart görüntüleme teknikleri kullanılarak yapıldı (6). Görüntüler daha sonra tekrar incelenebilmek amacı ile videoteybe kaydedildi. Tüm Doppler ölçümleri 3 kalp atımında arka arkaya ölçülerek ortalamaları alındı. PW Doppler ölçümü için aralık 1-2 mm, yeterli görüntü için 100 Hz filtreleme uygulandı. MPI ölçümünde kullanılmak üzere a değeri için atriyoventriküler (AV) kapağın kapanmasından açılmasına kadar geçen süre, c değeri

için R dalgasının en yüksek uç kısmından bir sonraki AV kapak açılmasına kadar geçen süre ölçüldü, b değeri için ventrikül ejeksiyon zamanı (ET), d değeri için R dalgasının en uç noktasından semilunar kapaktaki akım hızının bitişine kadar geçen süre ölçüldü. MPI ölçümü için tüm çalışma grubuna ekokardiyografi incelemesi EKG kaydı ile eşzamanlı yapıldı. MPI hesaplaması şu formül ile yapıldı: $MPI = \frac{a-b}{b}$ (Şekil 1). Ventriküllerin izovolumik relaksasyon zamanını (IRT) hesaplamak için (ventrikül ejeksiyonunun sonundan ventrikül doluşunun başlamasına kadar geçen süre) d değeri c değerinden çıkarıldı ($IRT = c - d$). Ventrikül doluşunun bitiminden ventrikül ejeksiyonunun başlamasına kadar geçen süre olan izovolumik kontraksiyon zamanı (ICT) şu formülle bulundu: $ICT = (a - b) - IRT$ (1).



MPI: Miyokard performans indeksi, ICT: İzovolumik kasılma zamanı, IRT: İzovolumik gevşeme zamanı, ET: Ejeksiyon zamanı, EKG: Elektrokardiyografi.

Şekil 1. Sol ventrikül için MPI ölçümü

İstatiksel incelemeler için SPSS sürüm 10.0 (Windows için bilgisayar paket programı) kullanıldı. Değişken değerler ortalama \pm SD şeklinde gösterildi. Yaş değişkeni normal dağılıma uymadığı için ortanca değerler dikkate alındı. ASD ve kontrol grupları değişkenler açısından karşılaştırıldı. Karşılaştırmalarda parametrik test varsayımları yerine geldiği durumlarda Tukey-HSD testi kullanıldı. Parametrik test varsayımlarının yerine gelmediği durumlarda ise gruplar arasındaki farkı test etmek üzere Kruskal-Wallis testi kullanıldı.

BULGULAR

Çalışma süresince polikliniğimize başvuran ASD' li 17 hasta ile 24 kontrol vakası çalışmaya alındı. Yaş ve cins yönünden hasta ve kontrol grupları

Tablo 1. Vakaların genel özellikleri, fizik muayene ve M-mod eko bulguları

	ASD	Kontrol
Hasta sayısı	17	24
Yaş(en küçük/en büyük/ortanca)(ay)	6 / 148 / 24	3 / 160 / 17
Cinsiyet(erkek/kız)	8 / 9	14 / 10
Vücut yüzey alanı(m ²)	0.548±0.225	0.576±0.259
Kalp hızı(dakikada)	117.82±19.81	111.33±17.92
Sistolik kan basıncı(mm Hg)	83.53±8.62	84.58±10.10
Diyastolik kan basıncı(mm Hg)	52.14±4.26	56.47±7.02
Kardiyo-torasik oran	0.54±0.06	0.50±0.03†
Aort/sol atriyum	0.851±0.149	0.833±0.07
SSGI(mm/m ²)	29±5.83	30.71±6.3
DSGI(mm/m ²)	51.36±7.93	52.33±11.57
Ejeksiyon fraksiyonu(EF)	0.73±0.08	0.71±0.05
Kısalma fraksiyonu(FS)	0.41±0.06	0.39±0.04

(† : p < 0.05) SSGI : Sol ventrikül sistol sonu genişlik indeksi

DSGI : Sol ventrikül diyastol sonu genişlik indeksi

arasında bir fark bulunamadı. Vakaların genel özellikleri, iki boyutlu ve M-mod eko bulguları Tablo 1' de özetlenmektedir.

Hastaların fizik muayenelerinde kalp hızı değerleri ASD' lilerde ortalama 117.82±19.81, kontrol grubunda 111.33±17.92 idi. Ölçülen sistolik kan basıncı değerleri mm Hg olarak ASD' lilerde ortalama 83.53±8.62, kontrol grubunda 84.58±10.10, diyastolik kan basıncı değerleri ASD' lilerde ortalama 52.14±4.26, kontrol grubunda 56.47±7.02 idi. Klinik ve radyolojik bulgular karşılaştırıldığında, gruplar arasında kalp hızı ve kan basıncı değerleri açısından anlamlı bir fark bulunamadı (p > 0.05). Kardiyotorasik oran ASD'lilerde kontrol grubuna göre yüksek bulundu ve bu yükseklik anlamlı idi (p < 0.05).

Hastaların M-mod eko ölçümlerinde sol ventrikül (LV) sistol sonu genişlik indeksi (SSGI) değerleri mm/m² olarak ASD'lilerde 29±5.83, kontrol grubunda 30.71±6.30, LV diyastol sonu genişlik indeksi (DSGI) değerleri ASD' lilerde 51.36±7.93, kontrol grubunda 52.33±11.57 idi. SSGI, DSGI, aorta / sol atriyum oranları, EF ve FS değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark yoktu (p > 0.05).

Sol ventrikül için elde edilen MPI değerleri ASD' lilerde en düşük 0.21, en yüksek 0.80, ortalama 0.38±0.16, kontrol grubunda en düşük 0.14, en yüksek 0.50, ortalama 0.32±0.09 idi. Bu değerler arasında anlamlı bir fark yoktu(p < 0.05). RV için elde edilen MPI değerleri ASD' lilerde en düşük

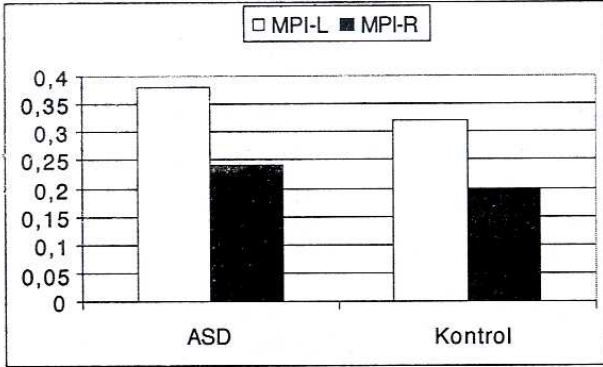
0.07, en yüksek 0.64, ortalama 0.24±0.15, kontrol grubunda en düşük 0.05, en yüksek 0.38, ortalama 0.20±0.08 bulundu. Bu değerler arasında da anlamlı bir fark yoktu (p > 0.05). Ancak istatistiksel olarak karşılaştırıldığında ASD' lilerde, mitral kapak için deselerasyon zamanı (DT-L) değerlerinin kontrol grubuna göre anlamlı şekilde daha düşük olduğu görüldü (p < 0.05). Vakaların doppler ekokardiyografi ölçüm değerleri Tablo 2' de görülmektedir. Grupların doppler ekokardiyografi ile hesaplanan sol ventrikül için miyokard performans indeksi (MPI-L) ve sağ ventrikül için

Tablo 2. Doppler eko bulguları.

	ASD	Kontrol
MPI-L	0.38±0.16	0.32±0.09
MPI-R	0.24±0.15	0.20±0.08
IRT-L	43.53±15.39	46.67±19.26
IRT-R	34.71±26.95	39.58±16.28
ICT-L	39.75±22.53	28.33±25.48
ICT-R	20.59±25.85	10.83±15.86
EA-L	1.46±0.27	1.58±0.29
EA-R	1.37±0.36	1.35±0.34
DT-L	104.56±28.31	142.86±24.49†
DT-R	103.23±32.76	115.62±25.45

†: p < 0.05 MPI-L: Sol ventrikül için miyokard performans indeksi, MPI-R: Sağ ventrikül için miyokard performans indeksi, IRT-L: Sol ventrikül için izovolumik gevşeme zamanı, IRT-R: Sağ ventrikül için izovolumik gevşeme zamanı, EA-L: Mitral kapak için E ve A dalgaları oranı, EA-R: Triküspid kapak için E ve A dalgaları oranı, DT-L: Mitral E dalgası için deselerasyon zamanı, DT-R: Triküspid E dalgası için deselerasyon zamanı.

miyokard performans indeksi (MPI-R) değerlerine ait grafik Şekil 2' de görülmektedir.



MPI-L : Sol ventrikül için miyokard performans indeksi,

MPI-R : Sağ ventrikül için miyokard performans indeksi,

ASD: Atriyal septal defekt.

Şekil 2. Vakaların MPI değerlerinin grafik gösterimi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kalp yetersizliği çeşitli nedenlere bağlı olarak gelişebilir, bunun sonucunda miyokard düzeyinde gelişen işlevsel bozukluk sistolik, diyastolik veya bu ikisinin bir kombinasyonu şeklinde olabilir. Kalp yetersizliğinde genellikle sistolik ve diyastolik fonksiyon bozukluğuna birlikte rastlanır. Sıklıkla sistolik ve diyastolik fonksiyon bozukluğu birlikte olmasına karşılık çok az doppler ölçümü sistolden diyastole kadar ölçüm sağlayabilmektedir. Bu yüzden zaman aralıklarını birlikte değerlendiren MPI, Tei ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır(7, 8, 9). Ventriküllerin fonksiyonlarını değerlendirmeye yarayan MPI, izovolümik zaman aralıkları toplamının (ICT+IRT) ejeksiyon zamanına (ET) oranıdır. Sistolik ve diyastolik fonksiyon bozukluğu sonucu izovolümik zaman aralıkları uzarken ejeksiyon zamanı kısalmakta, sonuçta MPI belirgin şekilde artmaktadır. İndeksin kardiyak amiloidoz, primer pulmoner hipertansiyon ve dilate kardiyomyopatilerde prognozu belirlemede klinik olarak değeri gösterilmiştir(7,9,10,11,12). MPI; zaman aralıklarının oranı olduğu için ventrikülün geometrik şekinden etkilenmez, kalp hızı ve kan basıncı değişikliklerinden bağımsızdır(3,4,5). Ancak yüklenme durumlarından nasıl etkilendiği konusunda literatürde çok az çalışma vardır(3,8). Çalışmamızın amacı ASD nedeni ile volüm yüklenmesi bulunan hastalarda, sağ ve sol ventrikül için MPI değerlerini ölçerek volüm yüklenmesinin MPI üzerindeki etkisini araştırmaktır.

Önceden yapılan çalışmalarda ICT, ET ve IRT gibi zaman aralıklarının önyüke bağımlı olduğu gösterilmiştir (7, 8, 13). LV fonksiyonları normal olanlarda önyük azalması ile ICT değişmez iken ET kısalmakta, ICT/ET oranı artmaktadır. Buna karşılık önyük artışı ile ICT ve ET artarken IRT azaldığından, önyük değişikliğine rağmen MPI'nin prognostik değerinin devam etmekte olduğu gösterilmiştir (7). Eidem ve arkadaşları (4) yaptıkları çalışmada önyük ve artyük değişikliklerinin MPI-R üzerine olan etkisini araştırmışlar ve vakaları çocuklar ve erişkin diye iki gruba ayırdıklarında MPI-R değerleri ASD' li çocuklarda normal çocuklardan farklı bulunmazken, erişkin ASD' li grupta MPI-R'nin belirgin şekilde arttığını, bunun IRT uzamasına bağlı olduğunu, ve uzun süreli volüm yüklenmesinin sistolik fonksiyonlardan çok diyastolik fonksiyonları bozduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada çocuklarda MPI-R'nin önyük ve artyük değişikliklerinden etkilenmediğini göstermişlerdir. Çalışmamızda, önyük artışına yol açan ASD' li grupta sol ve sağ ventrikül için ölçülen MPI değerleri kontrol grubuna göre anlamlı olmasa bile yine de artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Çocukluk yaşında MPI'nin normal değerleri hakkında bilgi mevcut değildir. Kontrol grubu ile ASD' li grup arasında yaş, cinsiyet ve vücut yüzeyi açısından anlamlı bir fark olmadığından elde ettiğimiz değerler kontrol grubu ile karşılaştırılabilir.

KTO değerleri açısından hastalar ile kontrol grubu arasında anlamlı fark tespit edilmiştir. KTO'nun ASD' li grupta kontrol grubundan geniş olması bu vakalarda soldan sağa şantın varlığına bağlıdır. KTO'nun hasta grubunda kontrol grubundan anlamlı şekilde yüksek olması bu hastalarda kalp yetersizliğinin devam ettiğini göstermez. Ayrıca bilindiği gibi ASD' lilerde tedaviden sonra da kardiyomegali devam edebilmektedir. SSGI ve DSGI değerlerinin kontrol grubundan farklı olması ASD' li vakalarda LV yerine RV' ün genişlemesinden kaynaklanmaktadır.

Doppler ekokardiyografi ile incelenen atriyoventriküler kapaklardaki akım şekilleri yaş, önyük, artyük, PR mesafesi ve kalp hızı gibi çeşitli nedenlerden etkilenir. Kısalmış IRT (< 70 ms), artmış E/A oranı (> 2) ve yüksek E velositesi ile çok kısa DT (< 160 ms) restriktif doluş biçimini tanımlar. Her ne kadar bu durum erişkinlerde kötü klinik

gidişi gösterse de çocuklar ve hamilelerde normal kabul edilir (14).

Çalışmamızda da IRT değerleri hasta grubunda hem LV, hem de RV için erişkindeki normal değerlere göre çok düşük bulundu. Bulunan bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise anlamlı bir fark bulunamadı.

Normal erişkinlerde, E/A oranı 1' den büyüktür. E ve A dalgalarının velositeleri ile E/A oranı çocukluktan erişkinliğe doğru değişimler gösterir, her iki uç kesim (bebek ve yaşlılar) benzer sonuçlar gösterir(13,14). Örneğin bebek ve yaşlılarda diyastolik doluş daha çok atriyal sistol ile sağlanır (14). Bizim çalışmamızda E/A oranı açısından ASD' liler ve kontrol grubu arasında fark bulunmamıştır.

Normal erişkinlerde DT 160-240 ms arasındadır. DT direkt olarak LA ve LV esnekliği ile ilişkilidir(13,14). LV ve LA esnekliğindeki azalma DT 'nin kısalması ile sonuçlanır. Çalışmamızda, sol ven trikülden ölçülen DT değeri ASD' lilerde kontrol grubundan anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur. Bunun sebebi soldan sağa şant sebebi ile LA' a dönen kan volümünün fazla olması, buna bağlı LA basınç artışının erken doluşu kısaltıp atriyal sistoldeki doluşu artırması olabilir. RV için DT değerleri ASD' lilerde kontrol grubundan farklı değildi. Bunun sebebi ventrikül doluş biçimini etkileyecek kadar RA içindeki volüm yükü artışının

olmaması olabilir. KKY' inde E dalgası A dalgasından çok daha uzun olmakta, IRT ve DT kısalmaktadır(14). Bu bulgulardan sadece DT' nin anlamlı şekilde kısaldığı bulunmuştur. Belki de KKY' nde ilk ortaya çıkan bulgu DT' nin kısalması olabilir.

Çalışmamızda genel olarak MPI-R değerleri MPI-L değerlerine göre daha düşük bulundu, ancak ASD' liler ile kontrol grubu arasında MPI-R ve MPI-L açısından anlamlı fark yoktu. Abd el Rahman ve arkadaşları (15) ile Eidem ve arkadaşlarının (4) yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. MPI-R değerlerinin, MPI-L değerlerinden daha düşük bulunması, ET süresinin değişmemesine karşın, RV kitlesinin LV kitlesinden daha düşük olması nedeniyle RV için ölçülen ICT ve IRT değerlerinin düşük bulunmasına bağlı olabilir.

Sonuç olarak, MPI kalp yetersizliğinin iyi bir göstergesi olup klinik seyir ve prognoz için bilgi verse de ASD' liler ile normal kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunamadı. Tüm bu veriler ışığında çocuklarda MPI' nin ASD' nin yol açtığı önyük değişikliğinden etkilenmediği sonucuna varılabilir. Ancak kesin bir yargıya varabilmek için daha geniş kapsamlı ve ileriye dönük planlı çalışmalar yapılmalı ve mümkünse girişimsel yöntemlerle desteklenerek objektif veriler elde edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Bruch C, Schermund A, Marin D, Katz M, Bartel T, Schaar J, Erbel R. Tei index in patients with mild-to-moderate congestive heart failure. Eur Heart J 2000; 21: 1888-95.
2. Sutton MSJ, Wiegand SE. The Tei index- a role in the diagnosis of heart failure? Eur Heart J 2000; 21: 1822-4.
3. Eidem BW, Tei C, O'leary PW, Cetta F, Seward JB. Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly. J Am Soc Echocardiogr 1998; 11: 849-56.
4. Eidem BW, O'leary PW, Tei C, Seward JB. Usefulness of the myocardial performance index for assessing right ventricular function in congenital heart disease. Am J Cardiol 2000; 86: 654-8.
5. Williams RV, Ritter S, Tani LY, Pagotto LT, Minich LL. Quantitative assessment of ventricular function in children with single ventricles using the Doppler myocardial performance index. Am J Cardiol 2000; 86: 1106-10.
6. Sahn DJ, De Maria A, Kisslo J, Weyman A. The committee on m-mode standardisation of the American Society of Echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. Circulation 1978; 58: 1072-83.
7. Dujardin KS, Tei C, Yeo TC, Hodge DO, Rossi A, Seward JB. Prognostic value of a doppler index combining systolic and diastolic performance in idiopathic-dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol 1998; 82: 1071-6.
8. Moller JE, Poulsen SH, Egstrup K. Effect of preload alterations on a new Doppler echocardiographic index of combined systolic and diastolic performance. J Am Soc Echocardiogr 1999; 135: 1065-72.
9. Harjai KJ, Scott L, Vivekananthan K, Nunez E, Edupuganti R. The Tei index: a new prognostic index for patients with symptomatic heart failure. J Am Soc Echocardiogr 2002; 15: 864-8.
10. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Kyle RA, Tajik AJ, Seward JB. Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: clinical value in cardiac amyloidosis. J Am Coll Cardiol 1996; 28: 658-64.
11. Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, Mahoney MD, Seward JB. Value of a doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. Am J Cardiol 1998; 81: 1157-61.

12. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Kyle RA, McGoon MD, Tajik AJ, Seward JB. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; 9: 838-47.
13. Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure: part I. *Circulation* 2002; 105: 1387-93.
14. Hahn HS, Hoit BD. Doppler echocardiographic assessment of diastolic ventricular function: transmitral and pulmonary venous flow indices. *Prog Ped Cardiol* 1999; 10: 95-103.
15. Abd El Rahman MY, Abdul-Khaliq H, Vogel M, Alexi-Meskischvili, Gutberlet M, Hetzer R, Lange PE. Value of the new doppler derived myocardial performance index for the Evaluation of right and left ventricular function following repair of tetralogy of fallot. *Pediatr Cardiol* 2002; 23: 502-7.