

성인의 심기능 평가에서 조직도플러를 이용한 Tei Index의 유용성

경희대학교 의과대학 순환기내과학교실

손일석 · 강홍선 · 김수중 · 조정휘 · 김권삼 · 송정상 · 배종화

Tissue Doppler Image-Derived Myocardial Performance (Tei Index) as a Simple Assessment of Global Cardiac Function in Adults

Il-Suk Sohn, M.D., Heung-Sun Kang, M.D., Soo-Joong Kim, M.D., Chung-Whee Choue, M.D., Kwon-Sam Kim, M.D., Jung-Sang Song, M.D. and Jong-Hoa Bae, M.D.

Department of Cardiology, The Kyunghee University School of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : A new Doppler time index of myocardial performance (the Tei index) has been studied as a useful predictor of global cardiac function. It is defined as $(a-b)/b$, where a is the interval between the end and onset of the mitral inflow, and b is the ejection time of the left ventricular outflow. However, the Doppler time intervals are not measured on the same cardiac cycle. **Subjects and Methods :** We compared the tissue Doppler imaging (TDI)-derived Tei index, which can be measured on the same cardiac cycle, with the conventional Tei index as measured by pulsed wave Doppler method, in healthy persons ($n=44$), in patients having diastolic dysfunction with an E/E' ratio >10 (DD, $n=56$), and in patients having systolic dysfunction with an ejection fraction $<50\%$ (SD, $n=10$). At the septal and lateral mitral annulus from the apical 4-chamber view, the time interval between the end and onset of the mitral annular velocities during diastole (a') minus the duration of the systolic wave (b') divided by b' , which is $(a'-b')/b'$, is defined as the TDI-tei index. **Results :** The TDI-Tei index and the conventional Tei index were significantly higher in the SD group than in the DD group, and they were also higher in the DD group than in the healthy controls. The TDI-Tei index at the septal and lateral annulus correlated well with the Tei index ($r=0.71$, $r=0.65$, respectively, $p<0.001$) and this showed a good correlation with other echocardiographic parameters of diastolic function. **Conclusion :** We demonstrated that the TDI-Tei index correlates well with the conventional Tei index along with having the advantage of simultaneous recording of the systolic and diastolic velocities in adults. (Korean Circulation J 2005;35:315-321)

KEY WORDS : Ventricular function ; Doppler echocardiography ; Time intervals.

서론

심초음파를 이용하여 심기능을 평가하는 다양한 지표들이 있다. 하지만 대부분 수축기 혹은 이완기 기능을 반영하며, 심장의 전반적인 기능을 나타내는 지표는 부족하다. 수축기 장애가 있으면 등용적수축기(isovolumic contraction time,

ICT)가 늘어나고 좌심실 박출시간(ejection time, ET)이 짧아지며, 수축기와 이완기 장애가 함께 있으면 심근 이완의 장애로 등용적이완기(isovolumic relaxation time, IVRT)가 증가하게 되는데 착안하여 Tei¹⁾는 IVRT와 ICT의 합을 ET로 나눈 값을 새로운 지표로 제시하였다. 이는 도플러를 통해 비교적 쉽게 측정할 수 있으며, 좌심실 모양과 심박수의 영향이 비교적 적은 것으로 보고되었고,¹⁻³⁾ 여러 심질환 평가에 유용하다는 보고가 있다.⁴⁻⁶⁾

한편 Tei index는 좌심실의 경우 대동맥판과 승모판 유입 혈류의 도플러에서 각각 측정하기 때문에 같은 심주기에서 측정될 수 없다. 따라서 심한 심박수 변이가 존재하는 경우 영향을 받을 수 있는 단점이 있다. 반면 조직도플러 영상

논문접수일 : 2005년 1월 3일

수정논문접수일 : 2005년 2월 18일

심사완료일 : 2005년 2월 28일

교신저자 : 강홍선, 130-702 서울 동대문구 회기동 1번지

경희대학교 의과대학 순환기내과학교실

전화 : (02) 958-8169 · 전송 : (02) 958-8160

E-mail : khsg3358@hanmail.net

(tissue Doppler imaging)을 이용하여 Harada 등⁷⁾은 소아 환자에서 승모판륜 운동속도 파형에서 응용된 Tei index를 제안하였으며 기존의 Tei index와 좋은 상관을 보이고 한 심주기에서 동시에 측정할 수 있는 간편하고 유용한 지표라고 보고하였다. 하지만 아직 성인에서 이에 대한 자료가 전무하기에 본 저자들은 성인에서 조직도플러를 이용한 Tei index가 기존 Tei index와 좋은 상관성을 보여주는지와 이완기 및 수축기 기능 장애를 가진 환자에서 승모판막 내륜과 외륜의 측정값을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

경희의대부속병원 심장검사실에서 심초음파를 시행 받고 본 연구에 동의한 환자를 대상으로 하였다. 정상 대조군은 안정시 혈압이 정상이고 심전도에서 정상 동율동을 보이며 심혈관질환의 병력이 없고 심초음파에서 의미있는 심질환이 없는 군으로 하였다. 도플러 심초음파에서 좌심실 박출율이 55% 이상이면 승모판 유입혈류의 초기 속도 E파와 후기 속도 A파의 비(E/A)가 1 미만이고, E파의 감속시간(DT, deceleration time)이 220 msec 이상이거나, 승모판륜 내륜에서 운동속도의 초기 이완기 속도 E' 파 최고속도가 8 cm/s 미만인 환자를 이완기 장애군으로 정하였다. 한편 수축기 장애군(10명)은 좌심실 박출율이 50% 미만으로 심초음파에서 국소 벽운동장애가 없이 6명은 관상동맥 조영술에서 의미있는 협착병변이 없었고, 3명은 심근관류영상에서 정상 소견, 1명은 약물부하 심초음파에서 의미있는 국소 벽운동장애가 없었다.

과거 병력에서 관상동맥질환을 진단 받았거나 그로 인해 중재적시술이나 관동맥우회술을 받은 경우, 심장판막질환으로 수술을 받은 경우, 만성폐쇄성 폐질환, 심전도에서 방실 차단과 각차단, 조기홍분증후군, 심방세동을 보인 경우와 심초음파 시행 당시 심박수가 분당 100회 이상으로 불안정하거나 선천성 심질환, M형 심초음파에서 심내막이 잘 확인이 되지 않는 경우, 승모판륜 석회화가 심하여 승모판막 외륜에서의 심근운동속도를 측정할 수 없는 경우는 대상에서 제외되었다.

방 법

심초음파 검사

신장과 체중의 계측 후 경흉부 심초음파를 시행하였다. 좌측와위로 누운 상태에서 심초음파 기계는 Philips사의 SONOS 7500을 사용하였고 2.5 MHz 탐촉자를 이용하였으며 100 mm/sec 속도로 tracing하여 기록하였다. 이면성, M형, 도플러 심초음파 및 조직도플러를 이용한 승모판륜의 속도를 내륜과 외륜에서 각각 기록하고 S-VHS 비디오에 녹화

하였다. 심초음파가 끝난 후 앉은 상태에서 수은주 혈압계를 이용하여 안정시 혈압을 측정하였고 분당 심박수를 기록하였다. 대상 환자에서 과거병력은 설문과 의무기록열람을 통해 조사하였다. 분석은 오프라인에서 환자의 정보를 모르는 상태로 심주기 3회에서 각각 측정하여 평균값을 구하였다. 각 측정은 한 명의 관찰자에 의해 이루어졌다.

미국심초음파학회에서 제시한 방법으로 좌측 흉골연에서 M형 심초음파를 기록하여 이완기말 좌심실 내경(LVDd, left ventricular end-diastolic dimension)과 수축기말 좌심실 내경(LVDs, left ventricular end-systolic dimension), 좌심방 내경, 이완기말 심실중격(IVSd, interventricular septal thickness)과 좌심실 후벽의 두께(PWTd, posterior wall thickness at end-diastole)를 측정하여 좌심실 질량(LV mass)을 Devereux 등⁸⁾이 제안한 다음과 같은 공식으로 구하였다.

$$LV\ mass(g)=$$

$$1.04 \times [(LVDd + PWTd + IVSd)^3 - LVDd^3] \times 0.8 + 0.6$$

체중과 신장으로 체표면적을 구하고, 좌심실 질량을 체표면적으로 나누어 좌심실 질량지수(LVMI, left ventricular mass index)를 산출하였다.

좌심실 용적은 이면성 심초음파에서 변형된 Simpson 방법을 이용하여 이완기말용적(end-diastolic volume)과 수축기말용적(end-systolic volume)을 측정하였고 이를 통해 좌심실 박출율을 구하였다.

간헐파형 도플러를 이용한 승모판 유입혈류는 심첨 4방도에서 호흡에 의한 영향을 배제하기 위해 호기 후 무호흡 상태로 이완기에 각 소엽의 끝에 sample volume을 위치시키고 측정하였다. 가능한 한 혈류와 초음파 진행방향이 평행이 되도록 한 후 초기 이완기 최고속도 E파(E velocity)와 후기 심방수축기 최고 혈류속도 A파(A velocity)를 측정하였다.

심첨 4방도에서 조직도플러 영상을 이용하여 sample volume 2~3 mm를 승모판막 내륜(septal mitral annulus)과 외륜(lateral mitral annulus)의 심근에 각각 위치시킨 후 초당 100 mm의 속도로 기록하였다. gain과 필터를 낮게 조정하여 측정한 승모판륜 운동속도 파형에서 초기 이완기 승모판륜의 최고속도(E'), 후기 이완기 승모판륜의 최고 운동속도(A')와 수축기 최고 속도(S')를 측정하였다.

Tei index(Fig. 1)

대동맥판 도플러는 심첨도(apical view)에서 sample volume을 대동맥판막 직하부에 두고 좌심실 ET를 측정하였다. 좌심실 Tei index는 승모판 유입혈류의 끝과 시작점의 간격(mitral closure time, MCO) a를 구하고 ET를 b로 하여 (a-b)/b로 정의하였다. 조직도플러를 이용한 승모판륜 운동속도 파형에서 이완기 움직임이 끝나고 시작되는 시간 간격을 a'으로, 수축기 S'의 시간을 b'으로 하여 응용된 Tei

index는 $(a' - b')/b'$ 으로 정의하였다.

통계분석

모든 측정치는 평균±표준편차로 나타내었고 통계는 SPSS for windows 프로그램을 이용하였다. 연속변수에 대해서는 정상 대조군, 이완기 장애군과 수축기 장애군 사이의 평균차이를 알아보기 위해 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 시행하였으며, Scheffe 사후 분석으로 각 군간의 유의성을 검정하였다. 범주형 변수에 대해서는 교차분석을 실시하여 각 군간 빈도 차이를 알아보았다. 연속변수에 대해서 상관분석을 통해 Pearson 상관계수(r)를 구하였다. $P < 0.05$ 인 경우를 통계학적 유의성이 있는 것으로 판정하였다. 이완기 장애와 수축기 장애를 예측할 수 있는 예민도와 특이도를 알아보기로 MedCalc® 프로그램을 이용하여 receiver operating characteristic(ROC) 곡선 분석을 시행하였으며, 같은 프로그램으로 기존의 Tei index와 조직도플러를 이용한 Tei index의 평균차를 비교하고자 Bland

and Altman plot을 얻었다.⁹⁾ 관찰자내 변이를 알아보기로 임의로 정한 10명의 심초음파 자료를 측정기 끝난 1주 후에 이전의 자료를 모르는 상태로 재측정하여 비교하였다.

결 과

연구대상자의 일반적 특성과 이면성 및 M형 심초음파 특성(Table 1)

건강한 대조군(44명)에 비해 이완기 장애군(56명)과 수축기 장애군(10명)의 나이가 더 고령이었으며 여자의 분포는 각 군간 비슷하였다. 환자군 중 당뇨병은 이완기 장애군 33.9%, 수축기 장애군에서 40%이었으며, 이완기 장애군 모두 고혈압 환자이었다. 체질량지수는 이완기 장애군($25.9 \pm 3 \text{ kg/m}^2$)이 대조군($22.4 \pm 2.8 \text{ kg/m}^2$)과 수축기 장애군($23.7 \pm 2.7 \text{ kg/m}^2$)보다 높았다. 수축기 장애군은 특발성 확장성 심근증 6명, 말기신부전으로 혈액투석중인 환자 2명, 당뇨병성 심근증 2명이었다.

이완기 장애군과 수축기 장애군이 대조군보다 좌심방 크

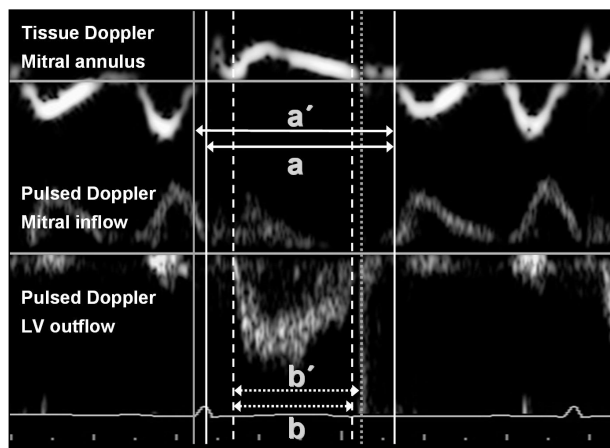


Fig. 1. Time intervals of the myocardial performance index (Tei index). The a interval is the mitral closing-to-opening time. The a' is the interval between end and onset of mitral annular diastolic velocities. The b interval is the left ventricular ejection time. The b' is the duration of mitral annular systolic velocity. The Tei index is $(a - b)/b$. The tissue Doppler-derived Tei index is $(a' - b')/b'$.

Table 1. Baseline and 2 dimensional and M mode echocardiographic characteristics

| | Control | Diastolic dysfunction | Systolic dysfunction |
|------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| N | 44 | 56 | 10 |
| Age (years) | 36.4 ± 10.5 | $61.5 \pm 9.3^*$ | $56.6 \pm 7^*$ |
| Female, n (%) | 16 (36.4) | 27 (48.2) | 4 (40) |
| Diabetes, n (%) | | 19 (33.9) | 4 (40) |
| Hypertension, n (%) | | 56 (100) | 0 |
| BMI (kg/m^2) | 22.4 ± 2.8 | $25.9 \pm 3^*$ | 23.7 ± 2.7 |
| LAD (cm) | 3.5 ± 0.4 | $4.1 \pm 0.4^*$ | $4.5 \pm 0.5^{*†}$ |
| LVM index (g/m^2) | 81.3 ± 13.8 | $114.7 \pm 25.2^*$ | $258.3 \pm 43.1^{*†}$ |
| EDV (mL) | 115.4 ± 18.1 | 109 ± 22.5 | $187.1 \pm 48.2^{*†}$ |
| ESV (mL) | 37.7 ± 7 | 33.6 ± 9.3 | $113.1 \pm 34.8^{*†}$ |
| EF (%) | 67.3 ± 4.2 | 69.3 ± 5.5 | $39.9 \pm 7.9^{*†}$ |

Mean ± S.D. *: $p < 0.001$ vs control, †: $p < 0.05$ vs diastolic dysfunction, ‡: $p < 0.001$ vs diastolic dysfunction. LAD: left atrial diameter, LVM index: left ventricular mass/body surface area, EDV: end-diastolic volume, ESV: end-systolic volume, EF: ejection fraction, BMI: body mass index

Table 2. Doppler time intervals and the Tei indices between subjects

| | Control | Diastolic dysfunction | Systolic dysfunction | ANOVA p |
|----------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| N | 44 | 56 | 10 | |
| MCO (a)(ms) | 412.4 ± 33.1 | $442.9 \pm 36.2^*$ | $410.4 \pm 55.4^{†}$ | <0.001 |
| LVET (b)(ms) | 304.2 ± 23.1 | 303.1 ± 29.1 | $249.6 \pm 38^{*†}$ | <0.001 |
| Tei index | 0.36 ± 0.06 | $0.47 \pm 0.09^*$ | $0.65 \pm 0.14^{*†}$ | <0.001 |
| TDI MCO (a')(ms), septal | 433 ± 35.2 | 451 ± 58.1 | 434.6 ± 53 | NS |
| TDI LVET (b')(ms), septal | 315.6 ± 23.5 | 302.3 ± 39.3 | $262.3 \pm 41.2^{*†}$ | <0.001 |
| TDI Tei index, septal | 0.37 ± 0.07 | $0.49 \pm 0.1^*$ | $0.67 \pm 0.18^{*†}$ | <0.001 |
| TDI MCO (a')(ms), lateral | 423.9 ± 36.4 | 438.4 ± 59.7 | 425 ± 59.9 | NS |
| TDI LVET (b')(ms), lateral | 311.1 ± 23.3 | 299.4 ± 40.2 | $253.5 \pm 44.2^{*†}$ | <0.001 |
| TDI Tei index, lateral | 0.36 ± 0.06 | $0.47 \pm 0.11^*$ | $0.69 \pm 0.17^{*†}$ | <0.001 |

Mean ± S.D. *: $p < 0.001$ vs control, †: $p < 0.05$ vs diastolic dysfunction, ‡: $p < 0.001$ vs diastolic dysfunction. NS: not significant, MCO: mitral valve closure time, LVET: left ventricular ejection time, TDI: tissue Doppler imaging, ANOVA: analysis of variance, Tei index: time intervals of the myocardial performance index

기가 크고, 좌심실 질량지수가 높았다. 좌심실용적은 수축기 장애군에서 대조군과 이완기 장애군보다 크고, 대상환자의 정의에 따라 수축기 장애군($39.9 \pm 7.9\%$)에서 대조군($67.3 \pm 4.2\%$)과 이완기 장애군($69.3 \pm 5.5\%$) 보다 좌심실 박출율이 낮았다(각각 $p < 0.001$).

Tei index와 도플러 시간간격(Table 2)

이완기 장애군에서 a 시간이 대조군보다 길어(442.9 ± 36.2 ms vs 412.4 ± 33.1 , $p < 0.001$) Tei index가 높게 나타났고(0.47 ± 0.09 vs 0.36 ± 0.06 , $p < 0.001$), 수축기 장애군은 b 시간이 대조군과 이완기 장애군보다 짧아(249.6 ± 38 ms vs 304.2 ± 23.1 ms, vs 303.1 ± 29.1 ms, $p < 0.001$) Tei index가 높게 나타났다(0.65 ± 0.14 vs 0.36 ± 0.06 , vs 0.47 ± 0.09 , $p < 0.001$)(Table 2)(Fig. 2).

조직도플러를 이용한 승모판막 운동속도 파형의 시간간격에서도 이완기 장애군이 a' 시간이 길어 대조군보다 Tei index가 높게 나타났으며(내륜, 0.49 ± 0.1 vs 0.37 ± 0.07 , $p < 0.001$; 외륜, 0.47 ± 0.11 vs 0.36 ± 0.06 , $p < 0.001$), 수축기 장애군은 b' 시간이 대조군과 이완기 장애군보다 짧아 Tei index가 높게 나타났다(0.69 ± 0.17 vs 0.36 ± 0.06 , vs 0.47 ± 0.11 , $p < 0.001$)(Table 2)(Fig. 2).

Tei index와 도플러 시간간격과의 상관분석을 하였을 때 각각 유의한 상관성을 보였으며, 조직도플러를 이용한 Tei

index는 승모판막 내륜($r=0.706$, $p < 0.001$)과 외륜($r=0.651$, $p < 0.001$)에서 각각 기존의 Tei index와 좋은 양의 상관관계를 보였다(Fig. 3). 조직도플러 상의 Tei index는 기존 Tei index에 비해 내륜에서 0.02 ± 0.01 , 외륜에서 0.01 ± 0.01 정도 크게 측정되었다. 승모판막 내륜과 외륜에서의 Tei index도 강한 양의 상관관계를 나타냈다($r=0.885$, $p < 0.001$).

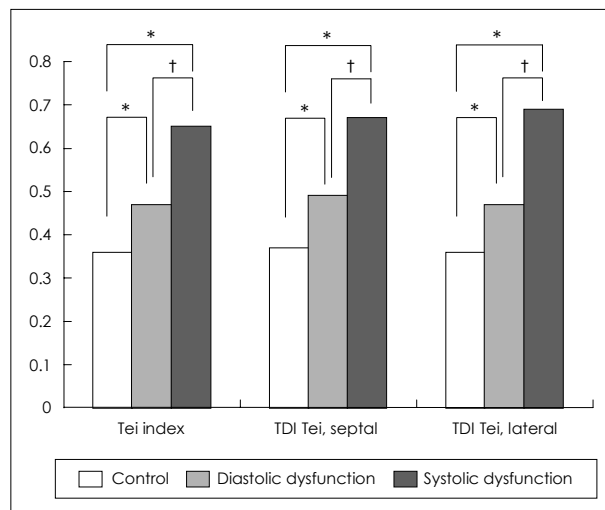


Fig. 2. The Tei indices between subjects. *: $p < 0.001$ vs control, †: $p < 0.001$ vs diastolic dysfunction. TDI: tissue Doppler imaging, Tei index: time intervals of the myocardial performance index.

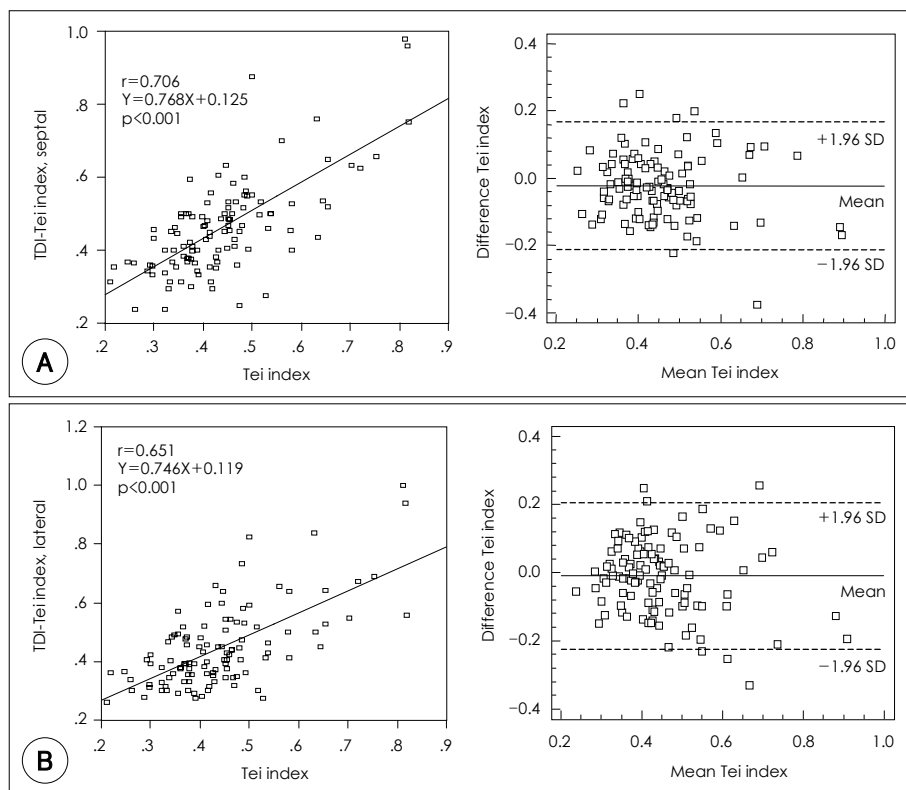


Fig. 3. Relations between the Tei index by pulsed Doppler method and tissue Doppler imaging-derived (TDI) Tei index and Bland and Altman plot of the difference between the Tei index and TDI-Tei index from septal (A) and lateral (B) mitral annulus. Solid and dashed lines, mean \pm 1.96 SDs of the difference, respectively. Tei index: time intervals of the myocardial performance index, TDI: tissue Doppler imaging.

Tei index와 승모판륜 운동속도

기존의 간헐파형 도플러를 이용한 Tei index와 조직도플러를 이용한 Tei index 모두 승모판륜 운동속도 중 초기 이완기 운동속도 E' 파와 수축기 운동속도 S' 파, 그리고 E/E' 비와 내륜과 외륜에서 각각 좋은 상관관계를 보였다 (Table 3).

Tei index와 심기능 예측의 예민도와 특이도

ROC 곡선 분석에서 이완기 장애를 예측하는데 기존의 Tei index는 예민도 72.7%, 특이도 90.9%를 나타내었고 조직도플러를 이용한 Tei index는 승모판륜 내륜과 외륜에서 각

각 예민도 77.3%, 83.3%, 특이도 86.4%, 72.7%를 보였다. 또한 좌심실 박출율 50% 미만의 수축기 장애를 예측하는데 Tei index는 예민도 90%, 특이도 86%를 나타내었고, 조직도플러에서는 내륜과 외륜에서 각각 예민도 80%, 100%, 특이도 82%, 78%를 보였다(Fig. 4).

관찰자내 변이

각 측정값은 1명의 관찰자에 의해 이루어 졌으며 관찰자 내 변이는 기존의 Tei index는 $5.6 \pm 3.0\%$, 승모판 내륜에서 측정된 Tei index는 $5.8 \pm 2.9\%$, 외륜에서의 Tei index는 $6.1 \pm 3.5\%$ 이었다.

Table 3. Relations between the Tei indices and Doppler diastolic filling parameters; Pearson's correlation coefficient (r)

| | Tei index | | TDI Tei index, septal | | TDI Tei index, lateral | |
|---------------|-----------|--------|-----------------------|--------|------------------------|--------|
| | r | p | r | p | r | p |
| E', septal' | -0.61 | <0.001 | -0.59 | <0.001 | -0.50 | <0.001 |
| S', septal | -0.40 | <0.001 | -0.33 | <0.001 | -0.29 | 0.002 |
| E/E', septal | 0.60 | <0.001 | 0.60 | <0.001 | 0.61 | <0.001 |
| E', lateral | -0.59 | <0.001 | -0.58 | <0.001 | -0.55 | <0.001 |
| S', lateral | -0.54 | <0.001 | -0.48 | <0.001 | -0.53 | <0.001 |
| E/E', lateral | 0.53 | <0.001 | 0.51 | <0.001 | 0.61 | <0.001 |

TDI: tissue Doppler imaging, E': early diastolic mitral annular velocity, S': systolic mitral annular velocity, E/E': ratio of peak early mitral inflow velocity (E) to E', Tei index: time intervals of the myocardial performance index

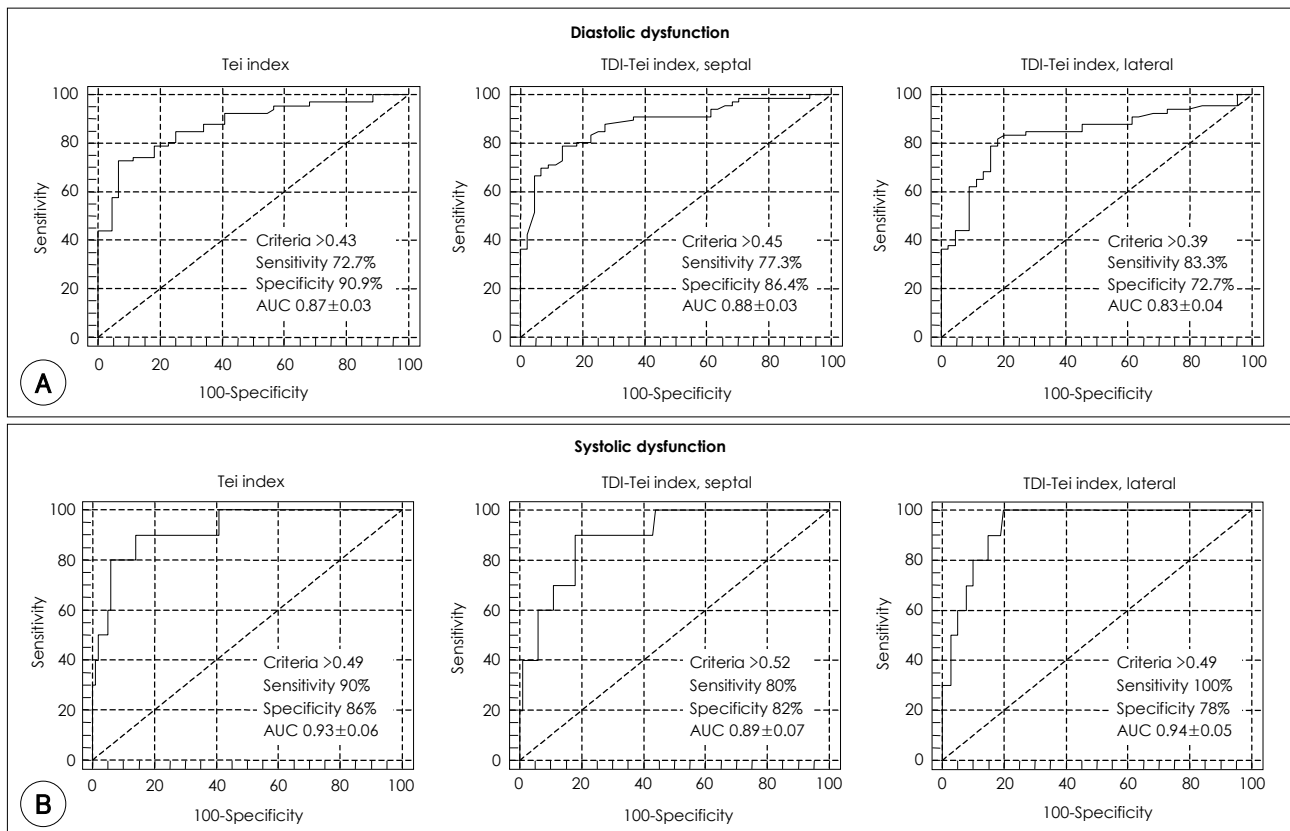


Fig. 4. The receiver operating characteristic (ROC) curve analysis in diastolic dysfunction group (A) and systolic dysfunction group (B). E/E': ratio of peak early mitral inflow velocity (E) to early mitral annular diastolic velocity (E'). EF: ejection fraction, AUC: area under curve, TDI: tissue Doppler imaging, Tei index: time intervals of the myocardial performance index.

고 찰

좌심실의 전반적 기능을 나타내는 비교적 간편한 지표인 Tei index는 유입혈류와 유출로에서 도플러를 통해 각각 다른 심주기동안 얻기 때문에 심박수 변이에 영향을 받을 수 있다. 최근에는 조직도플러를 이용하여 하나의 심주기에서 Tei index를 응용한 연구가 있었고,⁷⁾ M형 심초음파에서 역시 응용된 Tei index를 측정하여 기존의 도플러를 이용한 Tei index와 좋은 상관관을 보이는 간편한 지표라고 보고한 연구도 있다.¹⁰⁾ 이들은 소아 환자를 대상으로 하였고, 본 연구에서는 조직도플러를 이용한 Tei index를 성인 환자에서 측정해 보았다. 소아 환자에서 연구된 바와 같이 조직도플러를 이용한 Tei index는 기존의 도플러로 측정된 Tei index와 강한 상관관계를 보이고 또한 하나의 심주기에서 측정이 가능하였다.

Tei index는 심장의 전반적인 즉, 이완기 및 수축기 기능을 모두 반영하고 심초음파 시행시 도플러를 통해 비교적 쉽게 측정할 수 있으며, ICT/ET와 침습적 검사법인 심도자법으로 측정한 수축기 기능지표($+dP/dt$)가, IVRT/ET와 이완기 기능지표($-dP/dt$ 와 τ)가 밀접한 상관성을 보이는 것으로 알려져 있다.¹¹⁾ 또한 다른 도플러 심초음파 지표와는 달리 좌심실 모양과 심박수의 영향이 비교적 적은 것으로 보고되었다.¹⁻³⁾ 이 지표는 선천성 심질환, 급성심근경색, 특발성 확장성 심근병증과 심부전 등 다양한 소아와 성인 심질환 환자에서 질병의 중증도를 반영할 뿐 아니라 예후 인자로서의 유용성도 밝혀져 있다.⁴⁻⁶⁾ 본 연구에서는 정상 대조군과 비교하여 이완기능장애 환자와 수축기 기능 장애 환자를 구분하여 Tei index를 측정하였을 때에 각각의 심기능 장애를 잘 반영하고 뚜렷한 차이를 보여 심기능 평가에 간편하고 유용한 지표임을 확인하였다. 또한 이완기능의 심초음파지표인 E' 파 속도 및 좌심실 충만압을 반영하는 E/E' 와 좋은 상관 관계를 보여 주었다.

한편 조직도플러를 이용하여 승모판륜 운동속도 파형을 얻었을 때 시간간격은 기존의 Tei index 시간간격과는 어느 정도 차이가 나타났다(Fig. 1). Sohn 등¹²⁾의 연구에 의하면 이러한 차이는 승모판륜 이완기 운동이 이완기말 승모판 유입혈류 보다 먼저 끝나고 이완기 운동시작은 같으며, 승모판륜 수축기 운동이 좌심실 유출혈류 보다 늦게 끝나고 시작은 같은데 기인한다. 본 연구에서도 a' 시간이 기존 Tei index의 a 시간 보다 승모판막 내륜에서 14.6 ± 3.12 ms, 외륜에서 3.65 ± 3.38 ms 길게 측정되었으며, b' 시간이 내륜에서 5.28 ± 2.14 ms, 외륜에서 1.24 ± 2.25 ms 길었다. 이에 따른 Tei index 차이는 미미하여 조직도플러 상의 Tei index는 기존 Tei index에 비해 내륜에서 0.023 ± 0.009 , 외륜에서 0.007 ± 0.01 정도 크게 측정되었다.

승모판륜의 운동은 좌심실의 장축 내경의 변화를 반영하며, 좌심실 모양이 심하게 왜곡되거나 국소벽 운동장애가

없다면 이러한 장축내경의 변화는 좌심실 용적의 변화를 반영하기 때문에 이완기 기능을 평가하는 유용한 지표로 이용될 수 있다. 이는 전부하에 비교적 덜 의존적이고 좌심방압에 덜 예민하게 좌심실 이완을 반영하는 것으로 알려져 있다.^{12/13)} 또한 승모판 유입 혈류의 초기 이완기 속도와 비인 E/E' 비는 침습적인 방법으로 측정된 폐모세혈관 췌기압(평균 좌심방압)과 좋은 연관을 보인다.¹³⁾ E/E' 비가 10 이상이면 평균 폐모세혈관 췌기압 15 mmHg 이상 증가를 92%의 민감도와 80%의 특이도 수준에서 예측할 수 있다고 한다. 이러한 조직도플러를 이용한 승모판륜 운동 속도의 측정은 심실의 이완기능 평가에 유용하게 사용될 수 있으며, 본 연구에서와 같이 심장의 전반적 기능을 알아보는 데도 응용된 Tei index가 간편하고 유용한 지표로 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 Tei index는 심실 모양에 큰 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있으므로 소아 뿐 아니라 성인 선천성 심질환이나 허혈성 심질환으로 인한 구조적 변형이 있는 환자에서 심기능 평가에 유용한 지표가 될 것이며 예후적 의미나 유용성에 대한 전향적인 연구가 필요하다고 생각한다.

한편 본 연구는 대조군이나 대상 환자수가 비교적 적기 때문에 Tei index의 값이 정확히 표준이 된다고는 할 수 없을 것이다. 또한 수축기 기능장애군을 이완기 장애군과 구별하였지만 본 연구의 수축기 기능장애 환자들은 모두 이완기 지표들에서도 유의한 기능저하를 보여주어 사실상 이완기 및 수축기 기능 저하군으로 볼 수 있다.

요 약

배경 및 목적 :

심장의 모양에 영향을 적게 받으면서 전반적인 심기능을 평가하는데 유용하고 간편한 심초음파지표로 Tei index가 사용되고 있다. 이 지표는 유입혈류와 유출로에서 각각 도플러로 측정해야 하므로 같은 심주기에서 측정되지 않는다. 반면 조직도플러를 이용한 승모판륜 운동속도는 하나의 심주기에서 측정이 되고 이를 응용한 Tei index가 보고된 바 있다. 본 저자들은 선천성 심질환이 없는 성인에서 조직도플러를 이용한 Tei index가 기존 Tei index와 좋은 상관성을 보여주는지와 이완기 및 수축기 기능 장애를 가진 환자에서 승모판막 내륜과 외륜의 측정값을 알아보려고 하였다.

방 법 :

심질환이 없는 건강한 정상인 44명, 심초음파에서 E/E' 비(승모판 혈류의 초기 이완 속도 E파와 승모판륜 운동속도의 초기 이완기 속도 E' 파의 비)가 10을 넘는 이완기 장애군 56명과 좌심실 박출율이 50% 미만의 수축기 장애군 10명을 대상으로 하였다. 조직도플러를 이용한 승모판륜 운동 속도 파형에서 이완기 운동이 끝나고 시작할 때까지의 시간(a')과 수축기 운동의 시간(b')을 측정하여 응용된 Tei

index를 $(a' - b')/b'$ 공식으로 구하였다.

결 과 :

기존의 도플러를 이용한 Tei index와 조직도플러를 이용한 Tei index는 정상군보다 이완기 장애군에서, 이완기 장애군보다 수축기 장애군에서 의미있게 증가되어있었다. 조직도플러를 이용한 Tei index는 승모판막 내륜과 외륜에서 각각 기존의 Tei index와 좋은 양의 상관관계를 보였다(각각 $r=0.71$, $r=0.65$, $p<0.001$). Tei index와 조직도플러를 이용한 Tei index 모두 승모판막 운동속도 중 초기 이완기 운동속도 E' 파와 수축기 운동속도 S' 파, 그리고 E/E' 비와 내륜과 외륜에서 각각 좋은 상관관계를 보였다.

결 론 :

기존의 간헐파형 도플러를 이용한 Tei index와 조직도플러를 이용한 Tei index는 좋은 상관관계를 보이며, 이완기 및 수축기 기능 저하를 잘 반영해 준다. 조직도플러를 이용한 Tei index는 하나의 심주기에서 간편하게 측정 가능한 장점이 있어 향후 다양한 심질환 연구에서 단순하고 유용한 심초음파 지표로 이용될 수 있다고 생각한다.

중심 단어 : 심기능 ; 심초음파 ; 조직도플러 ; Tei index.

REFERENCES

- 1) Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J Cardiol* 1995;26:135-6.
- 2) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:838-47.
- 3) Poulsen SH, Nielsen JC, Andersen HR. The influence of heart rate on the Doppler-derived myocardial performance index. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:379-84.
- 4) 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.
- 5) Poulsen SH, Jensen SE, Tei C, Seward JB, Egstrup K. Value of the Doppler index of myocardial performance in the early phase of acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:723-30.
- 6) 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.
- 7) Harada K, Tamura M, Toyono M, Oyama K, Takada G. Assessment of global left ventricular function by tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol* 2001;88:927-32.
- 8) Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
- 9) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 10) Tham EB, Silverman NH. Measurement of the Tei index: a comparison of M-mode and pulse Doppler methods. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:1259-65.
- 11) Tei C, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ. Noninvasive Doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurements of cardiac catheterization measurements. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:169-78.
- 12) Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:474-80.
- 13) Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1527-33.