

# 가와사키병 환자에서 Tissue doppler imaging으로 측정된 modified Tei 지수

이화대학교 의과대학 소아과학교실

김희정 · 차정화 · 홍영미

## Modified Tei index in patients with Kawasaki disease by tissue doppler imaging

Hee Jung Kim, M.D., Jung Hwa Cha, M.D. and Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, Ewha Womans University, College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose :** A quantitative and easily measured Doppler index of combined systolic and diastolic ventricular myocardial performance (Tei index) was recently proposed as a potentially useful predictor of global myocardial performance. However, presence of heart rate fluctuation makes it unreliable. Therefore, the modified Tei index was introduced by using tissue Doppler imaging (TDI) which enables measuring contraction and relaxation velocities from myocardium simultaneously. The purpose of this study was to investigate the effectiveness of the modified Tei index in the evaluation of global cardiac function.

**Methods :** Forty eight patients in the acute phase of Kawasaki disease (KD) were studied. These patients were divided into two groups according to the modified Tei index. TDI and conventional echocardiography were performed. Systolic velocity, systolic displacement, E' velocity, E' displacement, A' velocity and A' displacement were measured at the base, mid-septum and the apex of the interventricular septum. Ejection fraction (EF), Tei index and modified Tei index were estimated.

**Results :** Modified Tei index correlated negatively with systolic displacement, E' displacement and A' displacement at the base. Modified Tei index correlated positively with ESR and CRP. EF and Tei index were normal in KD patients.

**Conclusion :** Modified Tei index is a safe, feasible and sensitive index for evaluating global ventricular functions in spite of normal EF and Tei index in KD. (*Korean J Pediatr* 2006;49:1202-1210)

**Key Words :** Modified Tei index, Mucocutaneous lymph node syndrome, Left ventricular function, Doppler echocardiography

### 서 론

가와사키병은 소아기의 대표적인 급성 열성 전신성 혈관염으로, 급성기에는 심근염, 심외막염, 판막염 등이, 아급성기와 회복기에는 관상동맥 확장 등의 심혈관계 합병증이 올 수 있어 심부전이나 심근 경색으로 사망할 수 있다.

심근염은 초기 가와사키병 환자의 심근 조직검사나 부검 시 흔한 소견으로, 50-70%의 환자에서 심근염의 소견을 보이는 것

으로 알려져 있으며<sup>1,2)</sup>, 주로 급성기 및 아급성기에 관찰되고 대개 시간의 경과에 따라 회복되지만 때로 회복기까지 지속되기도 하고 또는 만성 심근염을 보이기도 한다. 그러나 심근염과 관상동맥류의 발생 및 심한 정도는 관련이 없다.

심장초음파를 이용하여 전반적 심기능을 평가하기 위한 지표로 1995년 Tei<sup>3,4)</sup>가 수축기 장애 시 등량성 수축 시간(isovolumetric contraction time; ICT)이 늘어나고 박출 시간(ejection time, ET)이 짧아지며, 수축기 장애와 이완기 장애 시 심근 이완 장애로 등량성 이완 시간(isovolumetric relaxation time, IRT)이 증가하는 사실에 착안하여 ICT와 IRT를 더한 값을 ET로 나눈 Tei 지수를 고안하였고 전반적인 심기능을 양적으로 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있으나 Tei 지수는 좌심실에서 대동맥관과 승모관 유입 혈류의 도플러에서 각각 측정하기 때문에 같은 cycle 내에서

접수 : 2006년 7월 13일, 승인 : 2006년 9월 12일  
책임저자 : 홍영미, 이화여자대학교 의과대학 소아과학교실  
Correspondence : Young Mi Hong M.D.  
Tel : 02)760-5427 Fax : 02)745-9545  
E-mail : hongym@chollian.net

측정될 수 없는 단점이 있다. 또한 심박동수, 전부하, 후부하에 영향을 받을 수 있는 단점이 있다<sup>5,6)</sup>.

이에 반해 Harada 등<sup>7)</sup>이 승모판 윤(annulus) 운동 속도 파형에서 modified Tei 지수를 제안하였으며 이는 조직 도플러 영상(tissue Doppler imaging; TDI)을 이용하여 같은 cycle내에서 측정 가능하기 때문에 기존의 Tei 지수의 단점을 보완할 수 있는 새로운 방법으로 제시하였으며, 소아 환자에서 Tei 지수와 modified Tei 지수가 상관 관계가 있으며 심질환이 없는 태아, 심장 수술 후 환자, 성인 등에서 심질환 평가에 좋은 지표가 됨을 보고한 바 있다<sup>8-10)</sup>.

본 연구는 가와사키병 급성기 환자의 심기능 평가에서 TDI를 이용한 modified Tei 지수의 효용성을 알아보려고 하였다.

**대상 및 방법**

**1. 대상**

2003년 7월부터 2004년 12월까지 이화여자대학교 동대문병원 소아과에서 가와사키병으로 진단받은 후 면역 글로불린(녹십자, Yongin, Korea)(2 g/kg)과 고용량 아스피린(Bayer, Bitterfield, Germany)(50 mg/kg/d)으로 치료를 받은 48명의 급성기 환아를 대상으로 하였다. 가와사키병의 진단은 1984년에 일본 가와사키병 연구 위원회에서 정한 진단 기준으로 5일 이상의 발열, 화농이 없는 양측성 결막 충혈, 입술, 입안의 변화(입술의 홍조, 균열, 딸기 혀, 구강 발적), 부정형 발진, 급성기의 비화농성 경부 림프절 비대, 손발의 변화(급성기 손발의 경성 부종과 홍조, 아급성기 손발톱 주위의 막양 낙설) 등 6개 중에서 5개의 진단 기준에 맞는 경우를 전형적인 가와사키 질환으로 정의하였고, 위의 증상 중에서 발열을 동반하며 4가지 이하를 만족시키는 경우 심초음파에서 관상동맥의 확장이나 동맥류가 있는 경우를 비전형적 가와사키병으로 진단하였다<sup>11)</sup>(Table 1). Modified Tei 지수가 0.37 미만인 24명을 1군, modified Tei 지수가 0.37 이상인

24명을 2군으로 분류하였다. 대조군(3군)으로는 연령과 성별을 고려한 열이 없는 정상 소아 30명을 대상으로 삼았다.

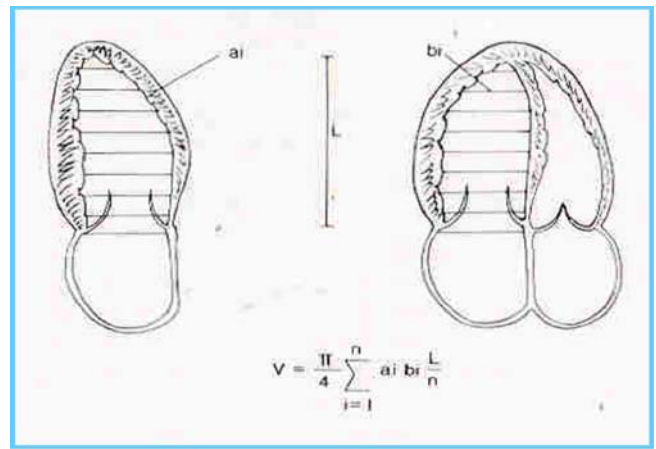
**2. 방법**

**1) 혈액 검사**

모든 환자는 혈액을 채취하여 혈색소, 총 백혈구수, 혈소판수, 적혈구 침강속도(ESR), C-반응성 단백(CRP), aspartate amino transferase(AST), alanine amino transferase(ALT)를 측정하였다.

**2) 고식적 심초음파**

심초음파는 Hewlett Packard Sono 5500(Andover, USA) 기기를 이용하였고, 탐촉자는 5 MHz를 사용하였다. Myocardial performance index(MPI)와 박출 계수(ejection fraction; EF)를 측정하였다. 박출 계수는 modified Simpson 방법으로 확장기말 용적(end-diastolic volume; EDV)에서 수축기말 용적(end-systolic volume; ESV)을 뺀 값을 확장기말 용적(EDV)으로 나눈 값으로 하였다(Fig. 1).



**Fig. 1.** Measurement of ejection fraction by modified Simpson method.

**Table 1.** Clinical Characteristics in the Study Population

	Kawasaki disease acute phase(n=48)		Control(n=30)
	Modified Tei index<0.37(n=24)	Modified Tei index≥0.37(n=24)	
Age(years)	4.1±2.9	2.7±1.9	3.5±2.0
Sex(M/F)	12/12	17/7	14/16
Hb(mg/dL)	12.3±0.8	12.0±1.5	12.2±0.9
WBC(/mm <sup>3</sup> )	7,070.0±3,298.1	11,530.8±6,744.5*	8,263.0±3,087.8
Platelet(×10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	343.3±125.3	351.1±114.4	337.7±93.1
ESR(mm/hr)	25.8±26.0	57.7±31.0	14.0±15.7
CRP(mg/dL)	1.7±3.1	4.8±6.2*	0.3±0.2
AST(U/L)	34.9±13.0	45.7±66.8	35.5±10.3
ALT(U/L)	23.0±10.9	27.1±29.2	27.1±39.8

mean±SD  
\*P<0.05 vs control

MPI 즉 Tei 지수는 서로 다른 두 cycle에서 등량성 수축 시간(isovolumetric contraction time, ICT)과 등량성 이완 시간(isovolumetric relaxation time; IRT)을 더하고 이를 박출 시간(ejection time; ET)으로 나눈 값으로 하였다(Fig. 2). 일본 후생성의 진단 기준에 따라 관상동맥 내경이 5세 이하에서 3 mm 이상, 5세 이상의 소아에서 4 mm 이상일 때, 분절의 내경이 옆의 분절의 1.5 배 이상일 때, 관상동맥 내강이 뚜렷하게 불규칙할 때를 이상으로 정의하였다<sup>12)</sup>.

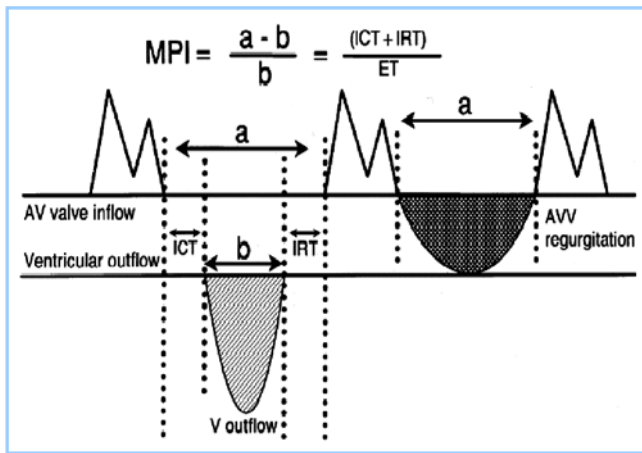


Fig. 2. Measurement of myocardial performance index by transthoracic echocardiography (Abbreviations: MPI, myocardial performance index; ICT, isovolumetric contraction time; IRT, isovolumetric relaxation time; ET, ejection time; AV, atrioventricular; AVV, atrioventricular valve; V, ventricular)

### 3) Tissue Doppler imaging

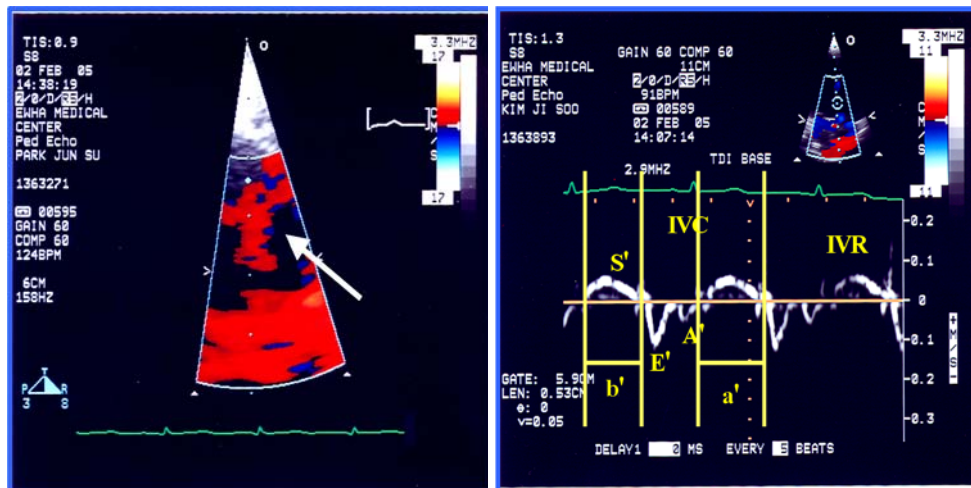


Fig. 3. Tissue Doppler imaging in Kawasaki disease patient. Figure on the left shows a tissue Doppler imaging of the myocardium: the sample volume (arrow) is positioned at the basal level of the interventricular septum. Figure on the right demonstrates by three peaks: systolic(S'), early-diastolic(E'), late-diastolic(A'). Abbreviation: ICT, isovolumetric contraction time; IRT, isovolumetric relaxation time; a': the time interval from the end to the onset of mitral inflow, b': the duration of LV velocity profile

TDI는 다음과 같은 방법으로 실시하였다. Sample 용적은 3-5 mm로, Nyquist limit는 15-20 cm/sec으로 낮게 하고 wall filter는 가능한 낮게 설정하였고 gain setting도 낮게 설정하였다. 탐촉자 쪽으로 다가올 때는 최고 심근 속도(peak wall velocity)를 양의 값으로 표시하였고, 탐촉자로 부터 멀어질 때는 음의 값으로 표시하였다. 심실 중격(interventricular septum)의 기저부(basal part), 중간부(mid part), 심첨부(apical part)에서 최고 초기 이완기 및 후기 이완기 심근 속도(peak early and late diastolic myocardial velocities; E' 심근 속도, A' 심근 속도), 최고 수축기 심근 속도(peak systolic myocardial velocity; S' 심근 속도)를 측정하였고, 이들의 조직 이동(displacement)을 측정하였다.

TDI를 이용하여 승모판륜 운동 속도 파형에서 이완기의 끝나고 시작되는 시간 간격을 a'로 수축기 S'의 시간 간격을 b'으로 하여 a'와 b'의 차를 b' 나누어 modified Tei 지수를 구하였다(Fig. 3).

### 3. 통계

모든 값은 평균±표준편차로 나타내었고, 통계는 SPSS (version 11.0 for windows)를 이용하여 두 군 간의 비교는 independent t-test를 적용하였고 세 군 간의 비교는 분산 분석(ANOVA)을 사용하여 비교 분석하였다. P value는 0.05 미만인 경우 유의하다고 판단하였다.

## 결 과

### 1. 임상적 특성 및 혈액 검사

가와사키군의 평균 연령은 modified Tei 지수 0.37 미만인 1 군은 4.1±2.9세, modified Tei 지수 0.37 이상인 2군은 2.7±1.9세, 대조군인 3군은 3.5±2.0세로 유의한 차이가 없었다. 백혈구 수는 1군에서 7,070.0±3,298.1/mm<sup>3</sup>, 2군에서 11,530.8±6,744.5/mm<sup>3</sup>, 3군에서 8,263.0±3,087.8/mm<sup>3</sup>으로 가와사키군 간에는 차이가 없었으나 2군은 3군에 비해 유의하게 높은 소견을 보였다 ( $P<0.05$ ). 염증 반응의 지표를 보면 적혈구 침강 속도는 각각 25.8±26.0 mm/hr, 57.7±31.0 mm/hr, 14.0±15.7 mm/hr 로 세 군에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. C 반응 단백질 값은 각각 1.7±3.1 mg/dL, 4.8±6.2 mg/dL, 0.3±0.2 mg/dL로 가와사키군 간에는 차이가 없었으나 2군은 3군에 비해 유의하게 높은 소견을 보였다( $P<0.05$ ). AST, ALT는 세 군간의 유의한 차이는 없었다(Table 1).

**2. 좌심실 기저부에서 측정된 TDI 지표**

좌심실 기저부 수축기 심근 속도는 1군에서 6.30±1.73 cm/sec, 2군에서 6.08±1.04 cm/sec, 3군에서 5.91±1.48 cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 좌심실 기저부 수축기 심근 조직 이동은 각각 5.03±5.54 cm, 2.69±3.99 cm, 8.31±5.93 cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 기저부 조기(E') 이완기 심근 속도는 10.93±1.86 cm/sec, 10.70±1.89 cm/sec, 11.10±2.13 cm/sec로 세 군간의 유의한 차이가 없었다. 기저부 조기(E') 이완기 심근 조직 이동은 각각 4.18±

4.12 cm, 2.25±3.07 cm, 5.18±3.77 cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 기저부 후기(A') 이완기 심근 속도는 5.61±1.79 cm/sec, 5.28±2.57 cm/sec, 5.16±1.14 cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 기저부 후기(A') 이완기 심근 조직 이동은 각각 1.38±1.65 cm, 0.79±1.26 cm, 1.94±1.50 cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ )(Table 2).

**3. 좌심실 중간부에서 측정된 TDI 지표**

좌심실 중간부 수축기 심근 속도는 1군에서 4.54±0.96 cm/sec, 2군에서 4.47±0.48 cm/sec, 3군에서 4.47±1.10 cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 좌심실 중간부 수축기 심근 조직 이동은 각각 3.30±3.38 cm, 1.97±2.88 cm, 5.55±3.88 cm로 2군에서 대조군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 중간부 조기(E') 이완기 심근 속도는 9.80±1.31 cm/sec, 8.99±1.73 cm/sec, 9.33±1.50 cm/sec로 세 군간의 유의한 차이가 없었다. 중간부 조기(E') 이완기 심근 조직 이동은 각각 2.83±3.14 cm, 1.59±2.26 cm, 4.55±3.27 cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 중간부 후기(A') 이완기 심근 속도는 3.80±1.24 cm/sec, 4.49±2.00 cm/sec, 4.15±1.16 cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 중간부 후기(A') 이완기 심근 조직 이동은 각각 0.80±0.87 cm, 0.65±0.89 cm, 1.56±1.28 cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였

**Table 2.** Tissue Doppler Imaging Parameters at Base of Left Ventricle in Kawasaki Disease Patients and Control Subjects

Parameter	Kawasaki disease acute phase(n=48)		Control(n=30)
	Modified Tei index <0.37(n=24)	Modified Tei index ≥0.37(n=24)	
Base systolic velocity(cm/sec)	6.30±1.73	6.08±1.04	5.91±1.48
Base systolic displacement(cm)	5.03±5.54	2.69±3.99*	8.31±5.93
Base E-wave velocity(cm/sec)	10.93±1.86	10.70±1.89	11.10±2.13
Base E-wave displacement(cm)	4.18±4.12	2.25±3.07*	5.18±3.77
Base A-wave velocity(cm/sec)	5.61±1.79	5.28±2.57	5.16±1.14
Base A-wave displacement(cm)	1.38±1.65	0.79±1.26*	1.94±1.50

Mean±SD  
\* $P<0.05$  vs control

**Table 3.** Tissue Doppler Imaging Parameters at Mid-septum of Left Ventricle in Kawasaki Disease Patients and Control Subjects

Parameter	Kawasaki disease acute phase(n=48)		Control(n=30)
	Modified Tei index<0.37(n=24)	Modified Tei index ≥0.37(n=24)	
Mid systolic velocity(cm/sec)	4.54±0.96	4.47±0.48	4.47±1.10
Mid systolic displacement(cm)	3.30±3.38	1.97±2.88*	5.55±3.88
Mid E-wave velocity(cm/sec)	9.80±1.31	8.99±1.73	9.33±1.50
Mid E-wave displacement(cm)	2.83±3.14	1.59±2.26*	4.55±3.27
Mid A-wave velocity(cm/sec)	3.80±1.24	4.49±2.00	4.15±1.16
Mid A-wave displacement(cm)	0.80±0.87	0.65±0.89*	1.56±1.28

Mean±SD  
\* $P<0.05$  vs control

다( $P<0.05$ )(Table 3).

**4. 좌심실 심첨부에서 측정된 TDI 지표**

좌심실 심첨부 수축기 심근 속도는 1군에서  $3.45\pm 1.09$  cm/sec, 2군에서  $3.51\pm 1.06$  cm/sec, 3군에서  $3.42\pm 1.19$  cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 좌심실 심첨부 수축기 심근 조직 이동은 각각  $2.25\pm 2.39$  cm,  $1.31\pm 2.30$  cm,  $3.99\pm 3.07$  cm로 2군에서 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 심첨부 조기(E') 이완기 심근 속도는  $8.54\pm 2.27$  cm/sec,  $7.46\pm 2.10$  cm/sec,  $7.80\pm 2.23$  cm/sec로 세 군간의 유의한 차이가 없었다. 심첨부 조기(E') 이완기 심근 조직 이동은 각각  $2.37\pm 2.68$  cm,  $1.45\pm 2.10$  cm,  $3.51\pm 2.78$  cm로 2군에서 3군과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 심첨부 후기(A') 이완기 심근 속도는  $3.49\pm 1.32$  cm/sec,  $3.70\pm 1.10$  cm/sec,  $3.32\pm 0.72$  cm/sec로 유의한 차이가 없었다. 심첨부 후기(A') 이완기 심근 조직 이동은 각각  $0.88\pm 1.22$  cm,  $0.59\pm 0.80$  cm,  $1.28\pm 1.04$  cm로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

**5. 고식적인 심초음파를 이용한 지표**

평균 심박동수는 1군에서  $110.3\pm 24.5$ 회/분, 2군에서  $114.0\pm 19.3$  회/분, 그리고 3군에서  $105.4\pm 11.9$ 회/분으로 세 군간의 유의한 차이가 없었다. EF는 각각에서  $67.2\pm 6.9\%$ ,  $68.6\pm 8.0\%$ ,  $67.1\pm 6.6\%$ 로 세 군간의 유의한 차이가 없었다. Tei 지수도 각각  $0.26\pm 0.12$ ,  $0.25\pm 0.12$ ,  $0.26\pm 0.09$ 로 세 군간의 유의한 차이가 없었다(Table 5).

**6. Modified Tei 지수와 심근조직이동의 비교**

Modified Tei 지수가 증가할수록 심실 기저부의 수축기 심근 조직 이동( $r=0.331$ ,  $P<0.05$ )(Fig. 4), 초기 이완기(E') 심근 조직 이동( $r=0.296$ ,  $P<0.05$ )(Fig. 5), 그리고 후기 이완기(A') 심근 조직 이동( $r=0.266$ ,  $P<0.05$ )(Fig. 6)이 감소하는 음의 상관관계를 보였다.

**7. Modified Tei 지수와 염증 반응의 지표의 비교**

Modified Tei 지수가 증가할수록 ESR( $r=0.561$ ,  $P<0.05$ )(Fig. 7)과 CRP( $r=0.427$ ,  $P<0.05$ )(Fig. 8)가 유의하게 증가하는 양의 상관관계가 보였다.

**고 찰**

가와사키병은 Tomisaku Kawasaki에 의하여 1967년 처음 기술된<sup>13)</sup> 이래 현재 세계적으로 가장 흔한 소아의 이차성 심장 질환이지만 원인, 병태 생리 등에 관해서는 아직 정확히 밝혀진 바가 없다. 가와사키병의 예후와 관련되어 관상동맥을 포함한 심혈관 합병증에 관심을 가지게 되었는데 치료를 받지 않은 경우 약 15-25%에서 관상동맥의 확장, 관상 동맥류, 심낭 삼출, 심근염 등이 발생하고, 이는 심근 경색증, 급사 또는 허혈성 심질환의 원인이 되기도 하는 것으로 알려져 있지만<sup>14, 15)</sup> 이런 심혈관

**Table 4.** Tissue Doppler Imaging Parameters at Apex of Left Ventricle in Kawasaki Disease Patients and Control Subjects

Parameter	Kawasaki disease acute phase(n=48)		Control(n=30)
	Modified Tei index <0.37(n=24)	Modified Tei index ≥0.37(n=24)	
Apex systolic velocity(cm/sec)	3.45±1.09	3.51±1.06	3.42±1.19
Apex systolic displacement(cm)	2.25±2.39	1.31±2.30*	3.99±3.07
Apex E-wave velocity(cm/sec)	8.54±2.27	7.46±2.10	7.80±2.23
Apex E-wave displacement(cm)	2.37±2.68	1.45±2.10*	3.51±2.78
Apex A-wave velocity(cm/sec)	3.49±1.32	3.70±1.10	3.32±0.72
Apex A-wave displacement(cm)	0.88±1.22	0.59±0.80	1.28±1.04

Mean±SD

\* $P<0.05$  vs control

**Table 5.** Parameters by Conventional Echocardiography and Tissue Doppler Imaging

	Kawasaki disease acute phase(n=48)		Control(n=30)
	Modified Tei index <0.37(n=24)	Modified Tei index ≥0.37(n=24)	
Heart rate(beats/min)	110.3±24.5	114.0±19.3	105.4±11.9
Ejection fraction(%)	67.2±6.9	68.6±8.0	67.1±6.6
Tei index	0.26±0.12	0.25±0.12	0.26±0.09
Modified Tei index	0.34±0.02	0.42±0.04*	0.28±0.04

Mean±SD

\* $P<0.05$  vs control

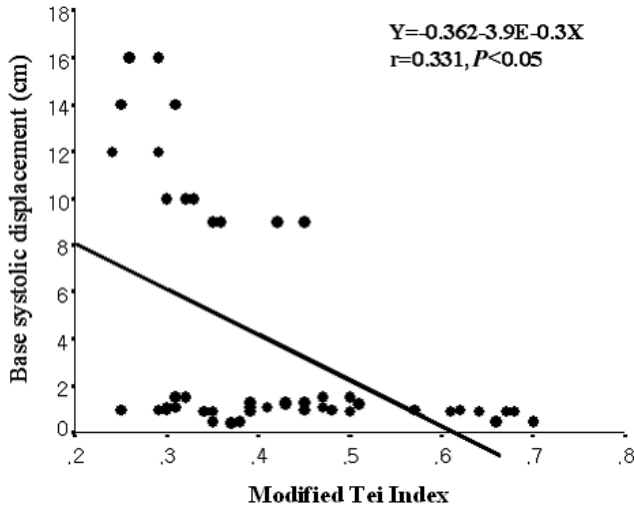


Fig. 4. Linear correlation between modified Tei index and base systolic displacement.

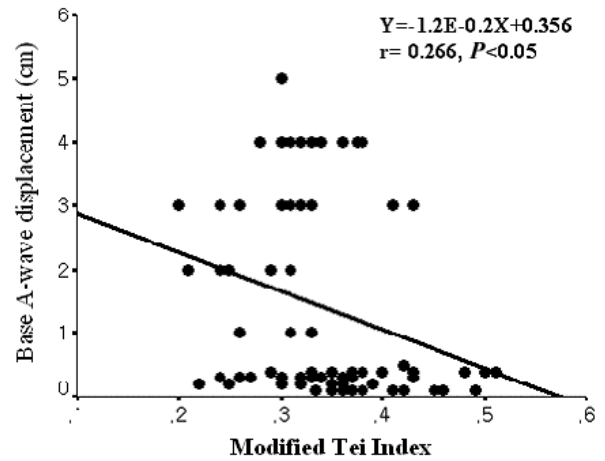


Fig. 6. Linear correlation between modified Tei index and base A-wave displacement.

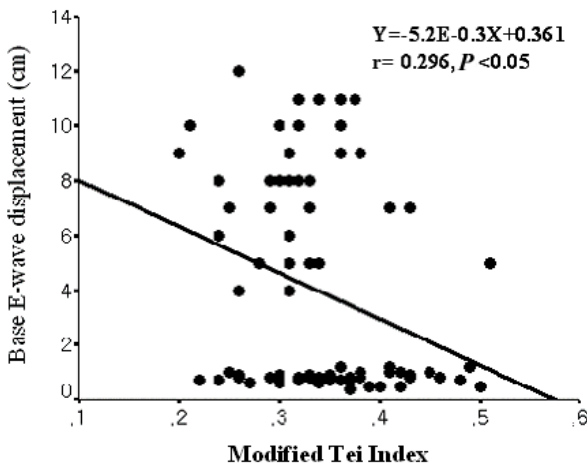


Fig. 5. Linear correlation between modified Tei index and base E-wave displacement.

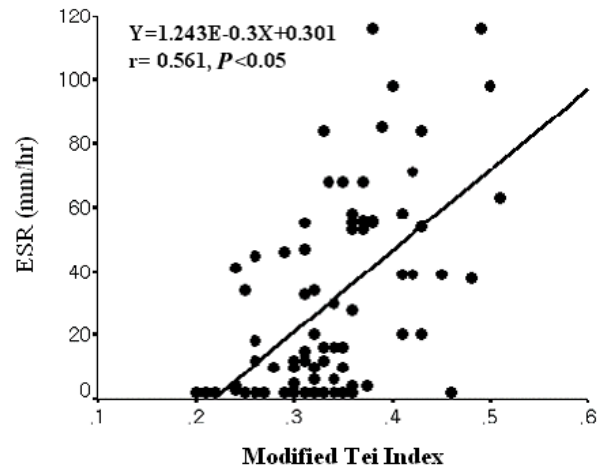


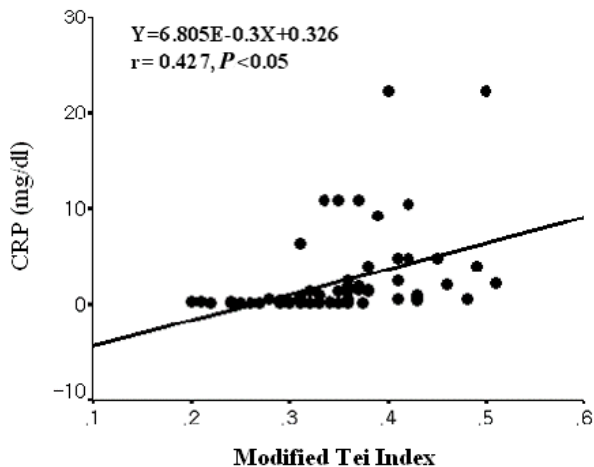
Fig. 7. Linear correlation between modified Tei index and erythrocyte sedimentation rate. Abbreviation : ESR, erythrocyte sedimentation rate.

계 합병증은 고식적인 심초음파나 심전도에서 초기에 나타나지 않으므로 조기 발견이 힘들다<sup>16, 17)</sup>.

심근염은 관상 동맥류의 발생 및 심한 정도와는 관련이 없고<sup>18)</sup>, 심기능 저하와 관련이 있다<sup>19)</sup>. Anderson 등<sup>19)</sup>은 가와사키병에서 fractional shortening은 발병 후 3개월 내에 회복되나 M-mode로 측정한 이완기능 지수는 발병 후 12개월이 지난 후에도 정상군보다 지연되며 이완기 탄성 저하를 초래함을 보고하였다. Newburger 등<sup>20)</sup>은 가와사키병 환아에서 좌심실의 수축기, 이완기 면적의 유의한 증가가 있으며 수축력 저하가 있었고 이는 1-3년 후 점차적으로 회복됨을 보고하였다.

심기능 이상에 관해서 심초음파를 이용한 다양한 지표들이 있는데, 이중 널리 사용되는 지표인 EF은 좌심실의 수축 기능을 측정할 수 있지만 좌심실 모양에 크게 영향을 받으므로 여러 가

지 복잡한 심실 모양을 갖고 있는 심장 질환의 심실 기능 평가에는 사용이 제한적이다. 또한 수축기 기능만을 반영하므로 심장이 전반적인 기능을 나타내는 지표로 부족하다. 심초음파 검사로 전반적 심실 기능을 평가하는데 이용할 수 있는 방법으로, 수축기 장애 시 등량성 수축 시간(ICT)이 늘어나고 박출 시간(ET)이 짧아지며, 수축기 장애와 이완기 장애 시 심근 이완 장애로 등량성 이완 시간(IRT)이 증가하는 사실에 착안하여 Tei<sup>3, 4)</sup>는 ICT와 IRT를 더한 값을 ET로 나눈 값을 Tei 지수라 하고 전반적 심기능 평가의 새로운 지표로 제시하였는데 이것은 Doppler 심초음파를 이용해 전반적인 심기능을 양적으로 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있다. Tei 지수의 주요한 이점은 연령에 독립적이고 기하학적인 가정에 의존하지 않는다. 그러나 Tei 지수는 좌심실에서 대동맥관과 승모판 유입 혈류의 도플러에서 각각 측



**Fig. 8.** Linear correlation between modified Tei index and C-reactive protein. Abbreviation : CRP, C-reactive protein

정하기 때문에 같은 cycle내에서 측정될 수 없으며 심박동수, 전부하, 후부하에 영향 받을 수 있는 단점이 있다<sup>5,6)</sup>.

특히 가와사키병 급성기 환아들은 발열로 인해 심박동수가 빠르기 때문에 Doppler 심초음파 상에서 승모판막의 유입 혈류의 E파와 A파가 구분이 잘 되지 않아 Tei 지수로 심기능을 평가하는 것이 어려운 제한점이 있다.

Tei 지수는 두 가지 제한점이 있다. 승모판 유입의 끝과 시작 사이의 간격과 박출 시간사이의 시간 간격이 같은 심장 cycle에서가 아니라 다른 cycle에서 측정해야 한다. 등량성 수축 간격 측정없이 이 공식을 사용할 경우 심실 전체 기능 이상이 수축기, 이완기, 복합 기능 이상인지를 결정하는 것이 어렵다<sup>21)</sup>.

최근 몇 년 동안 TDI은 좌심실 이완 기능의 평가에도 주요한 임상 도구로 평가되고 있다. Harada 등<sup>7)</sup>이 승모판륜(annulus) 운동 속도 파형에서 응용한 modified Tei 지수를 제안하였으며 이는 TDI를 이용하여 같은 cycle내에서 측정 가능하기 때문에 기존의 Tei 지수의 단점을 보완할 수 있는 새로운 방법으로 제시되고 있으며, 몇몇 연구에서 심기능 평가를 위한 임상 도구로 사용되었으며, 태아, 소아, 성인 환자에서 Tei 지수와 modified Tei 지수가 상관 관계가 있음이 보고되었다<sup>20, 22, 23)</sup>. TDI는 국소적인 심실 수축을 양적으로 측정하는 믿을 수 있는 방법이다<sup>24)</sup>. 승모판과 대동맥 판막의 개폐를 TDI을 이용하여 같은 cycle로부터 정확하게 측정할 수 있다<sup>25)</sup>.

TDI를 이용한 modified Tei 지수는 전체적인 심실 기능에 관련된 자료를 제공함으로써 TDI의 사용을 높일 수 있다. Modified 방법은 Tei 지수를 얻을 수 있을 뿐 아니라 등량성 수축 간격을 측정할 수 있다. 이것은 이완기 기능 이상으로부터 수축기 기능 이상을 구별하는데 도움을 줄 수 있다. 이 방법을 위해 필요한 것은 심실 중격의 기저 부위가 존재해야 하고 대동맥 판막이 닫혀져 있어야 한다. 따라서 심실 중격 결손증, 방실 중격

결손증, 대혈관 전위와 같은 선천성 심질환에서 이 방법을 사용하는 것은 타당하지 않다.

본 저자들은 가와사키병의 급성기 동안 초래될 수 있는 심기능을 평가하는데 Tei 지수, EF와 같이 고식적인 심초음파로는 이상을 관찰할 수 없었으며 TDI로 수축기 및 이완기동안 조직 이동이 유의하게 감소되는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 심장에 대한 합병증을 조기에 발견하고자 TDI를 이용하여 급성기 가와사키병 환아들과 발열성 질환 환자들의 심실 중격 기저부, 중간부, 심첨부에서 측정된 각각의 심근 속도와 조직 이동을 비교하였다. 정상 대조군과 가와사키병군에서 기저부에서 심첨부로 갈수록 심근 속도가 감소함을 알 수 있었다. 이 차이는 조직 속도의 내인적인 차이를 의미하는 것이 아니고, 중간부와 심첨부에 비해 기저부에서 심장 전체 움직임이 더 크기 때문이다. 또한 심첨부의 제한된 움직임과 탐촉자에 대한 심첨부에서의 운동 각도가 좋지 않기 때문에 심첨부에서는 심기능을 제대로 평가할 수가 없는 단점이 있어 기저부에서 측정하는 것이 더 정확하다.

급성기 가와사키병 환아 중 modified Tei 지수가 0.37 이상 높은 군에서 낮은 군에 비해 심근 조직 이동이 모두 유의하게 감소하였다. Modified Tei 지수가 증가할수록 심실 기저부의 수축기 심근 조직 이동, 초기 이완기(E') 심근 조직 이동, 그리고 후기 이완기(A') 심근 조직 이동이 감소하는 음의 상관관계가 있었다. 심실 중간부에서도 modified Tei 지수가 증가 할수록 각각의 조직 이동이 감소하는 음의 상관관계가 있었다. 심실 심첨부에서도 modified Tei 지수는 수축기 심근 조직 이동과 초기 이완기(E') 심근 조직 이동과 음의 상관 관계가 있었다.

Jung 등<sup>26)</sup>의 연구에서는 급성기 가와사키병의 환자에서 고식적인 심초음파를 이용하여 수축기 심기능 저하를 보고하였다. 본 연구에서는 가와사키병의 급성기 동안에 고식적인 심초음파로는 좌심실 기능 이상이 관찰되지 않았으나, TDI로 측정된 심근 조직 이동에 유의한 차이가 있었다. 특히 발열이 있는 급성기 가와사키병 환아에서 심장 박동수가 빠르기 때문에 기존의 Tei 지수를 이용할 때 초래될 수 있는 심박동수, 전부하, 후부하에 영향을 받을 수 있는 단점을 보완할 수 있다. 따라서 modified Tei 지수는 심박동수가 빠른 소아의 심기능 평가에 적합할 것으로 생각되며 modified Tei 지수가 심실의 기능 부전을 평가하기 위한 비침습적인 방법으로 장기간 추적 관찰과 심기능 평가에 유용할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 본원에 입원한 가와사키병 환자들만을 대상으로 하였기 때문에 가와사키병 환자군의 수가 많지 않아 대조군이나 대상 환자수가 적었고, 장기간의 추적관찰을 통해 modified Tei 지수가 높은 군에서의 심기능 회복에 대한 자료가 없었다는 점이다.

결론적으로 가와사키 질환의 급성기에 EF이나 Tei 지수와 같은 고식적인 심초음파로 구별되지 않았던 심기능 이상을 TDI를 이용하여 발견할 수 있었고, TDI를 이용한 modified Tei 지수가 심기능 이상을 알아내는데 매우 도움이 되는 유용한 지표로

생각된다. 앞으로 가와사키병 환자에서 TDI를 이용한 장기간의 심기능에 대한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## 요 약

**목적 :** Tei 지수는 전반적인 심기능을 양적으로 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있으나 심박동수, 진부하, 후부하에 영향을 받을 수 있으며 같은 심장 cycle에서 측정하기 어려운 단점이 제시되고 있다. 이에 반해 modified Tei 지수는 TDI를 이용하여 같은 cycle 내에서 측정 가능하기 때문에 기존의 Tei 지수의 단점을 보완할 수 있는 새로운 방법으로 제시되고 있다.

**방법 :** 가와사키병의 급성기 환자 48명을 두 군(modified Tei 지수가 0.37 미만인 24명을 1군, modified Tei 지수가 0.37 이상인 24명을 2군), 그리고 열이 없는 정상 소아 30명을 대조군인 3군으로 나누어 연구를 시행하였다. 혈액 검사, TDI, 고식적인 심초음파를 시행하였다. 수축기 심근 속도, 초기 이완기(E') 심근 속도, 그리고 후기 이완기(A') 심근 속도와 조직 이동을 심저, 심중간부, 심첨에서 측정하였다. Ejection fraction(EF), Tei 지수, modified Tei 지수를 계산하였다.

**결과 :** 백혈구수와 CRP는 2군에서 대조군에 비해 유의하게 높았다. 좌심실 기저부 수축기 심근 조직 이동, 초기 이완기 및 후기 이완기 심근 조직 이동이 2군에서 대조군에 비해 유의하게 감소하였다. Modified Tei 지수와 심실 기저부의 수축기 심근 조직 이동( $r=0.331$ ), 초기 이완기(E') 심근 조직 이동( $r=0.296$ ), 그리고 후기 이완기(A') 심근 조직 이동( $r=0.266$ )이 음의 상관관계를 보였다. Modified Tei 지수가 증가할수록 ESR( $r=0.561$ )과 CRP( $r=0.427$ )가 유의하게 증가하는 양의 상관관계가 보였다. EF과 Tei 지수는 정상이었다.

**결론 :** 가와사키병에서 TDI를 이용한 modified Tei 지수는 EF이나 Tei 지수로 구별되지 않았던 심기능 이상을 발견하는데 매우 도움이 되는 유용한 지표로 생각된다.

## References

- Mastsuura H, Ishikita T, Yamamoto S, Umezawa T, Ito R, Hashiguchi R, et al. Gallium-67 myocardial imaging for the detection of myocarditis in the acute phase of Kawasaki disease: the usefulness of single photon emission computed tomography. *Br Heart J* 1987;58:385-92.
- Kao CH, Hsieh KS, Wang YL, Chen CW, Liao SQ, Wang SJ, et al. Tc99m HMPAO labeled WBC scan for the detection of myocarditis in different phases of Kawasaki disease. *Clin Nucl Med* 1992;17:185-90.
- Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J Cardiol* 1995;26:135-6.
- Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Bailey KR, McGoon MD, Tajik AJ, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Echocardiogr* 1996;9:838-47.
- Voon WC, Su HM, Yen HW, Lin TH, Lai WT, Sheu SH. Left ventricular Tei index: comparison between flow and tissue Doppler analysis. *Echocardiography* 2005;22:730-5.
- Abd EI, Rahman MY, Hui W, Dsebissowa F, Schubert S, Hubler M, et al. Comparison of the tissue Doppler-derived left ventricular Tei index to that obtained by pulse Doppler in patients with congenital and acquired heart disease. *Pediatr Cardiol* 2005;26:391-5.
- 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.
- Harada K, Tamura M, Toyono M, Yasuoka K. Comparison of the right ventricular Tei index by tissue Doppler imaging to that obtained by pulsed Doppler in children without heart disease. *Am J Cardiol* 2002;90:566-9.
- Aoki M, Harada K, Oyama K, Tanaka T. Quantitative assessment of right ventricular function using Doppler tissue imaging in fetuses with and without heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:28-35.
- Yasuoka K, Harada K, Toyono M, Tamura M, Yamamoto F. Tei index determined by tissue Doppler imaging in patients with pulmonary regurgitation after repair of tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 2004;25:131-6.
- Japan Kawasaki disease Research Committee. Diagnostic guideline of Kawasaki disease, Japan Kawasaki disease Research Committee, Tokyo, 1984.
- Research Committee on Kawasaki disease. Report of subcommittee on standardization of diagnostic criteria and reporting of coronary artery lesions in Kawasaki disease. Ministry of Health and Welfare, Tokyo, 1984.
- Kawasaki T. Acute febrile mucocutaneous syndrome with lymphoid involvement with specific desquamation of the fingers and toes in children. *Arerugi* 1967;16:178-222.
- Dajani AS, Taubert KA, Gerber MA, Shulman ST, Ferrieri P, Freed M, et al. Diagnosis and therapy of Kawasaki disease in children. *Circulation* 1993;87:1776-80.
- Kato H, Ichonose E, Yoshioka F, Takechi T, Matsunaga S, Suzuki K, et al. Fate of coronary aneurysm in Kawasaki disease: serial coronary angiography and long-term follow-up study. *Am J Cardiol* 1982;49:1758-66.
- Furuyama H, Odagawa Y, Katoh C, Iwado Y, Ito Y, Noriyasu K, et al. Altered myocardial flow reserve and endothelial function late after Kawasaki disease. *J Pediatr* 2003; 142:149-54.
- Ogawa S, Ohkubo T, Fukazawa R, Kamisago M, Kuramochi Y, Uchikoba Y, et al. Estimation of myocardial hemodynamics before and after intervention in children with Kawasaki disease. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:653-61.
- Hiraishi S, Yashiro K, Oguchi K, Kusano S, Ishii K, Nakazawa K. Clinical course of cardiovascular involvement in the mucocutaneous lymph node syndrome. Relation between clinical signs of carditis and development of coronary aneurysm. *Am J Cardiol* 1981;47:323-30.
- Anderson TM, Meyer RA, Kaplan S. Long-term echocardiographic evaluation of cardiac size and function in patients with Kawasaki disease. *Am Heart J* 1985;110:107-15.
- Newburger JW, Sanders SP, Burns JC, Parness IA, Beiser



- AS, Colan SD. Left ventricular contractility and function in Kawasaki syndrome. Effect of intravenous gamma-globulin. *Circulation* 1989;79:1237-46.
- 21) 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.
- 22) Chung KJ, Brandt L, Fulton DR, Kreidberg MB. Cardiac and coronary arterial involvement in infants and children from New England with mucocutaneous lymph node syndrome(Kawasaki disease). Angiocardiographic-echocardiographic correlations. *Am J Cardiol* 1982;50:136-42.
- 23) 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.
- 24) Trambaiolo P, Tonti G, Salustri A, Fedele F, Sutherland G. New insights into regional systolic and diastolic left ventricular function with tissue Doppler echocardiography: from qualitative analysis to a quantitative approach. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:85-96.
- 25) Weidemann F, Eyskens B, Sutherland GR. New ultrasound methods to quantify regional myocardial function in children with heart disease. *Pediatr Cardiol* 2002;23:292-306.
- 26) Jung MJ. Echocardiographic evaluation of left ventricular function in Kawasaki disease: Effect of immune globulin. *Korean J Pediatr* 2004;47:665-71.