

고혈압 청소년에서 tissue Doppler imaging과 strain rate imaging을 이용한 좌심실 기능 이상에 대한 연구

이화여자대학교 의학전문대학원 소아과학교실

안혜미 · 정선옥 · 권정현 · 홍영미

= Abstract =

Left ventricular dysfunction measured by tissue Doppler imaging and strain rate imaging in hypertensive adolescents

Hye Mi Ahn, M.D., Sun Ok Jung, M.D., Jung Hyun Kwon, M.D. and Young Mi Hong, M.D.

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

Purpose: Left ventricular (LV) hypertrophy and impaired diastolic function may occur early in systemic hypertension. Diastolic dysfunction is associated with increased cardiovascular risk. Tissue Doppler imaging (TDI)-derived tissue velocity and strain rate are new parameters for assessing diastolic dysfunction. The aim of this study is to determine whether TDI and strain rate imaging (SRI) would improve the ability to recognize early impaired diastolic and systolic functions compared with conventional echocardiography in hypertensive adolescents.

Methods: We included 38 hypertensive patients with systolic blood pressure above 140 mmHg or diastolic blood pressure above 90 mmHg. Ejection fraction and myocardial performance index (MPI) were estimated by conventional echocardiography. Peak systolic myocardial velocity, early diastolic myocardial velocity (Em), and peak late diastolic myocardial velocity (Am) were obtained by using TDI and SRI.

Results: In the hypertensive group, interventricular septal thickness was significantly increased on M-mode echocardiography. Em/Am was significantly decreased at the mitral valve annulus. Among hypertensive subjects, the E strain rate at basal, mid, and apex was significantly decreased. Systolic strain was significantly decreased at the septum in the hypertensive group.

Conclusion: Strain rate might be a useful new parameter for the quantification of both regional and global LV functions and could be used in long-term follow up in hypertensive patients. Early identification by SRI of subjects at risk for hypertensive and ventricular dysfunction may help to stratify risk and guide therapy. Further studies, including serial assessment of LV structure and function in a larger number of adolescents with hypertension, is necessary. (Korean J Pediatr 2010;53:72-79)

Key Words : Hypertension, Ventricular dysfunction, Adolescent

서 론

Tissue Doppler imaging (TDI)는 새로운 심근 기능을 측정하는 방법으로 심장의 한 지점에서 조직의 속도를 측정하는 것으로 객관적이고 정량적인 평가를 가능하게 하였다. 또 TDI와 더불어

어 strain rate imaging (SRI) 또한 심근 구조의 속도를 심장의 박동 주기 동안 측정 가능한 새로운 방법으로 최근 주목을 받고 있다. Strain rate (SR)은 스트레스가 가해졌을 때 생기는 조직의 변형을 측정하는 것으로 심근의 두 지점의 속도 차를 측정하여 한 지점에서 측정된 조직 속도보다 심장의 회전과 이동에 의해 영향을 받는 것이 적어 더 정확한 심근 기능을 측정할 수 있다. 이러한 새로운 방법을 이용하여 전반적인 수축기 및 이완기 기능 평가가 객관적으로 가능해졌고, 여러 심장 질환 특히 관상동맥 질환으로 인한 심근 조직 이상 평가, 비후성 심근 질환, 고혈압 질환에서의 심근 기능 평가가 가능하다¹⁾.

고혈압 질환에서 좌심실의 초기 기능 부전을 측정하는데 고식적인 심초음파로 측정된 심실벽 운동지수, 심근의 두께 변화 등은

Received : 20 July 2009, Revised : 24 September 2009

Accepted : 27 October 2009

Address for correspondence : Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Ewha Womans University Hospital, 911-1, Mokdong, YangCheon-Ku, Seoul, Korea

Tel : +82-2-2650-2841, Fax : +82-2-2653-3718

E-mail : ymhong@ewha.ac.kr

측정자의 주관적인 평가에 달려 있어 여러 제한점이 있다. TDI와 SRI에 의한 초기 심실 기능 부전 평가가 가능하게 됐고, 심혈관 위험성의 초기 지표로 사용할 수 있는지 등의 여러 연구들이 이루어지고 있다²⁻⁴⁾. 고혈압은 혈관 질환으로 동맥의 경화를 일으키고, 좌심실 비대를 유발한다. 고혈압은 좌심실 이완기 기능 이상의 주요 원인으로 알려져 있고, 좌심실의 이완기 기능의 부전은 고혈압 초기부터 나타나게 된다⁵⁾. 그러나 좌심실 비대 없이도 좌심실 이완기 기능 이상이 발견되고 있으며⁴⁾ 고혈압의 초기에 이러한 이상이 이미 발생하는 것으로 알려졌다. 좌심실의 비대는 심혈관 사건과 고혈압으로 인한 사망의 주요 위험 인자로 알려져 왔고, 좌심실 기능 부전 또한 위험 인자로 작용하리라 생각한다. 그러나 좌심실 기능 부전을 평가하기 위해서는 고혈압군과 정상군에서의 TDI와 SRI를 이용한 측정 자료가 많이 필요하며 두 군간 비교 연구가 필요한 상태이다. 특히 최근 증가하고 있는 우리나라 소아청소년 고혈압에서의 이러한 연구는 매우 적은 실정이다.

본 연구에서 소아 청소년 연령에서 고혈압군과 정상 혈압군에서의 TDI와 SRI를 측정하여 고식적인 초음파와 비교하였고, TDI, SRI의 심근기능 평가의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2006년도 3월부터 2007년도 6월까지 수축기 혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 90 mmHg 이상인 16-17세의 38명의 고혈압 청소년을 대상으로 하였고, 같은 연령의 정상 혈압을 가진 19명의 정상 청소년을 대조군으로 하였다. 고혈압 청소년은 학교 신체검사에서 측정된 혈압이 높아서 이화여자대학교 동대문병원을 방문하여 검사를 시행하였다. 이 학생들은 처음으로 고혈압으로 진단된 청소년들이었고, 고혈압에 대한 증상이 없었고 유병 기간도 알 수가 없었고, 치료를 받지 않았다. 고혈압을 가진 청소년들은 심초음파, 복부 초음파를 시행하여 이차성 고혈압인 경우에는 대상

에서 제외하였다. 모든 대상자의 부모에게 동의서를 받았으며, 이화여자대학교 동대문병원 IRB를 통과하였다.

2. 방법

1) 혈압측정

진동 혈압계(Dinamap, Procare-200, GE, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈압대의 넓이는 대상 소아의 상완 둘레의 40-50% 정도가 되도록 선택하였다. 측정 방법은 소음이 없는 조용한 상태에서 5분 이상 안정시킨 후에 우완을 완전히 노출시킨 후 측정하였다. 3회 반복 측정하여 이의 평균치를 대상자의 혈압 값으로 취하였다.

2) 고식적 심초음파

심초음파 Vivid 7 dimension (General Electric Vingmed, Milwaukee, USA)을 이용하여 박출계수(ejection fraction, EF)를 측정하였다. Tei 지수는 등량성 수축 시간(isovolumetric contraction time, ICT)과 등량성 이완 시간(isovolumetric relaxation time, IRT)을 박출 시간(ejection time, ET)으로 나누어 구하였다. 심실 이완 기능을 측정하기 위하여 최고 초기 이완기 혈류 속도(peak early diastolic velocity, E 혈류 속도) 및 후기 이완기 혈류 속도(peak late diastolic velocity, A 혈류 속도), 후기 이완기 혈류 속도에 대한 최고 초기 이완기 혈류 속도비(the ratio of peak early and late diastolic velocities, E/A 혈류 속도비)를 측정하였다. Isovolumic contraction time (IVCT: 승모판막이 닫힐 때부터 대동맥 판막이 열릴 때까지), isovolumic relaxation time (IVRT: 대동맥 판막이 닫힌 후부터 승모판막이 열릴 때까지 간격)을 측정하였다.

3) Tissue Doppler imaging와 strain rate imaging

표본 용적은 3-5 mm, Nyquist 제한은 15-20 cm/sec로 낮게 하였고 wall filter도 가능한 낮게 설정하였다. 탐촉자(transducer) 쪽으로 다가올 때는 심근 속도를 양의 값으로 표시하였고 탐촉자로부터 멀어질 때는 음의 값으로 표시하였다.

심첨 4방 단면도에서 심실 중격(interventricular septum)의

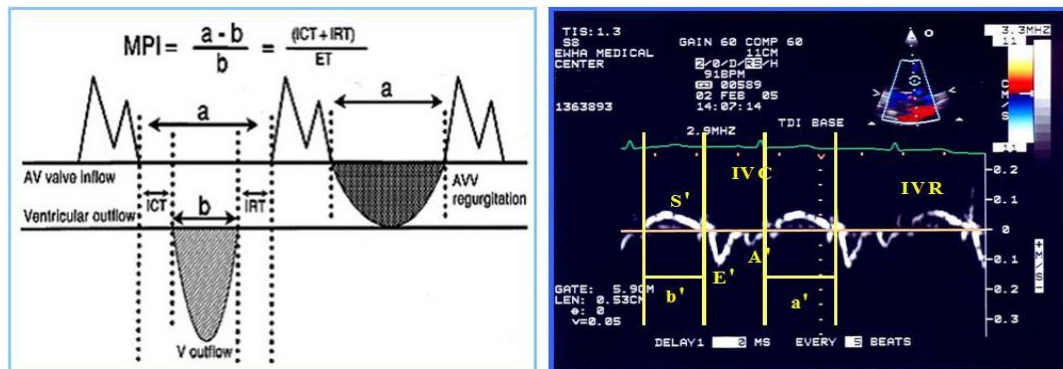


Fig. 1. Myocardial performance index (MPI) and modified MPI of the left ventricle; ICT, isovolumic contraction time; IRT, isovolumic relaxation time; ET, ejection time; AV, atrioventricular; AVV, atrioventricular valve; V, ventricular.

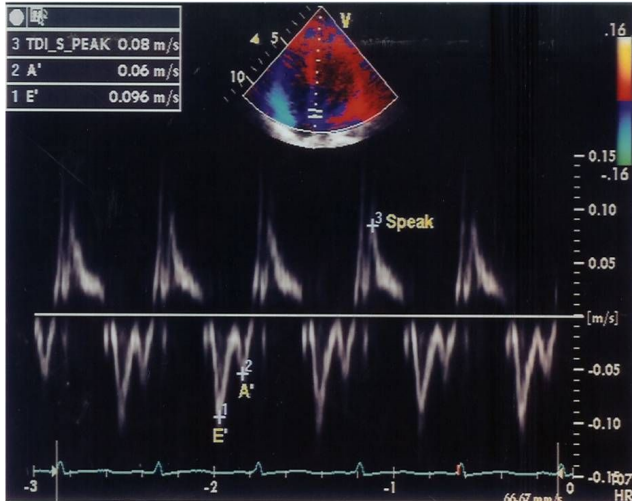


Fig. 2. Myocardial velocity by tissue Doppler imaging (TDI) in a hypertensive adolescent; S, systolic myocardial velocity; E, early diastolic myocardial velocity; A, late diastolic myocardial velocity.

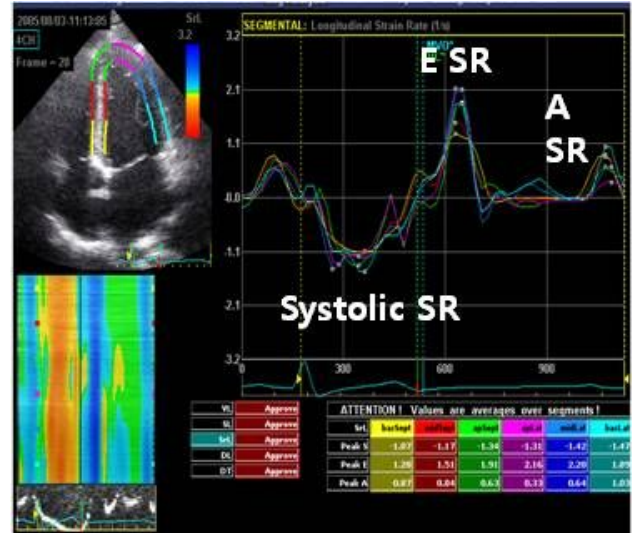


Fig. 4. Strain rate by strain rate imaging (SRI) in a hypertensive adolescent.

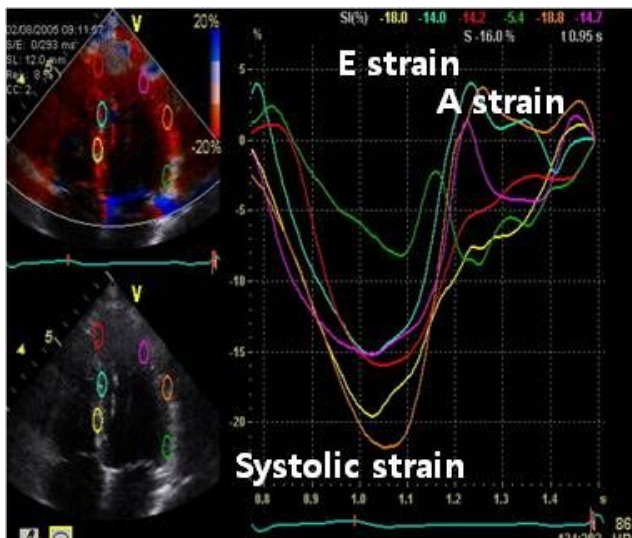


Fig. 3. Strain by strain rate imaging (SRI) in a hypertensive adolescent.

기저부(basal part), 중간부(mid part), 심첨부(apical part)에서 수축기 심근 속도와 strain rate을 측정하였다(Fig. 3, 4).

Vivid 7으로 strain 및 TDI에 대한 조건은 frame rate는 150회/초 이상의 TDI 영상을 저장하였고 그 후에 저장된 영상으로 Q-분석을 통해 각 부분의 수축기 조직 속도 및 SR (strain rate)을 측정하였다. Q-분석 시에 sample의 크기는 넓이 및 높이 모두 6 mm이었다. 정상적으로 수축기 동안에 정상적인 좌심실 심근은 세로 방향으로 짧고 방사 방향을 따라서 두꺼워진다. 짧아지고 얇아지는 strain이나 SR은 음성을 보였고 두꺼워지거나 길어지는 것은 양성으로 보였다.

3. 통계

모든 자료는 평균±표준편차로 표시하였고, 각 항목 간의 상관성은 SPSS Windows version 11.5를 이용하였다. Student t test를 이용하였으며 각 변수간의 통계 수치의 유의성은 Pearson's correlation coefficient 분석법을 이용하여 분석하였다. P 값이 0.05 미만인 경우를 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 인체 측정학 자료

고혈압 청소년군에서 평균 체중이 유의하게 높았고, 신장은 두 군 간에 차이가 없었다. 체질량지수, 비만 지수도 고혈압 청소년에서 정상 청소년에 비해 유의하게 높았다(Table 1).

2. 고식적인 심초음파에 의한 측정

M-mode 초음파 심실 벽 두께는 고혈압군에서 7.8 ± 1.2 mm, 정상군은 6.7 ± 1.1 mm로 고혈압군에서 유의하게 두꺼웠고, 좌심실 후벽 두께도 고혈압군에서 7.6 ± 1.2 mm, 대조군에서 6.6 ± 1.4 mm로 고혈압 군에서 유의한 증가를 보였다.

EF는 두군 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 2). Myocardial performance index (MPI)와 Modified MPI 모두 유의한 차이는 없었다(Table 3). 승모판 혈류 속도를 측정된 결과 A 혈류 속도는 고혈압군에서 0.53 ± 0.14 m/s로 정상군 0.46 ± 0.11 m/s에 비해 유의하게 증가하였다(Table 4).

Table 1. Anthropometric Data of Study Group

Anthropometric data	Hypertensive group (n=38)	Normotensive group (n=19)
Height (cm)	168.2±10.5	166.1±5.8
Weight (kg)	70.9±12.4*	57.3±4.4
BMI (kg/m ²)	25.3±2.8*	19.1±0.9
Obesity index (%)	127.7±18.5*	103.6±1.5
Systolic BP (mmHg)	147.6±6.7*	117.5±12.8
Diastolic BP (mmHg)	80.6±7.8*	71.4±9.4

Abbreviations : BMI, body mass index; BP, blood pressure

*P<0.05 different from control group

Table 2. Selected Parameters by Conventional Echocardiography in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
M-mode			
IVSd (mm)	7.8±1.2*	6.7±1.1	0.0002
LVPWd (mm)	7.6±1.2*	6.6±1.4	0.0006
2D Echo			
LVEDV (mL)	121.3±27.5	94.0±24.5	0.001
LVESV (mL)	35.2±14.6*	28.4±9.1	0.015
EF (%)	70.7±6.7	69.5±6.1	0.222

*P<0.05 significantly different from control group

Abbreviations: IVSd, interventricular septal thickness in diastole; LVPWd, left ventricular posterior wall thickness in diastole; LVEDV, left ventricular end diastolic volume; LVESV, left ventricular end systolic volume; EF, ejection fraction

3. Tissue Doppler Image에 의한 측정

TDI로 승모판 annulus에서 측정된 수축기 심근 속도 (Sm: peak systolic myocardial velocity)은 고혈압 청소년에서 7.9±1.2 cm/sec, 정상 청소년에서는 7.2±1.2 cm/sec, Am (peak late diastolic myocardial velocity)는 고혈압 청소년에서 7.3±1.7 cm/sec, 정상 청소년에서 6.4±1.1 cm/sec로 두군 사이에 유의한 차이가 없었다. Em/Am 비는 고혈압 청소년 1.7±0.4 정상 청소년에서 1.9±0.5로 고혈압 청소년에서 정상 청소년에 비해 유의하게 증가하였다. 후벽 (posterior wall)에서 측정된 Sm은 고혈압 청소년에서 11.1±2.1 cm/sec, 정상 청소년에서는 9.9±2.3 cm/sec이었고, Am은 고혈압 청소년에서 8.1±1.9 cm/sec, 정상 청소년에서 7.3±1.8 cm/sec 으로 고혈압 청소년에서 유의하게 높았다 (Table 5).

4. SRI에 의한 수축기 strain과 SR 측정

중격에서 측정된 수축기 strain은 고혈압군에서 19.15± 8.65%로 정상군에서 측정된 22.63±5.55%보다 유의하게 낮았다. 심실 후벽, 하벽, 전벽에서 측정된 수축기 strain도 고혈압군에서 대조군에 비해 유의하게 낮았다 (Table 6). SRI로 중격, 후벽, 하벽, 전벽에

Table 3. Myocardial Performance Index (MPI) and Modified MPI in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
MPI	0.42±0.05	0.40±0.06	0.088
LV ICT (ms)	60.09±10.80	56.82±10.48	0.107
LV IRT (ms)	61.80±9.92	62.44±7.84	0.389
LV ET (ms)	292.34±24.48	299.10±20.34	0.116
Modified MPI	0.40±0.07	0.39±0.06	0.219
IVCT (ms)	62.11±14.94	58.22±11.23	0.123
IVRT (ms)	55.06±10.43	56.63±9.58	0.264
ET (ms)	292.13±19.55	295.13±15.02	0.247

P>0.05 significantly different from control group

Abbreviations: MPI, myocardial performance index; LVICT, left ventricular isovolumetric contraction time; LVIRT, left ventricular isovolumetric relaxation time; LVET, left ventricular ejection time; IVCT, isovolumetric contraction time; IVRT, isovolumetric relaxation time; ET, ejection time

Table 4. Mitral Inflow Variables by Conventional Echocardiography in Hypertensive and Control Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
Mitral Valve			
E (m/s)	0.94±0.17	0.90±0.14	0.204
A (m/s)	0.53±0.14*	0.46±0.11	0.027
E/A	1.86±0.45	2.02±0.47	0.079
DT (ms)	145.91±25.80	137.89±23.64	0.096

*P<0.05 significantly different from control group

Abbreviations: E, peak early diastolic velocity; A, peak late diastolic velocity; DT, deceleration time

Table 5. Systolic and Diastolic Parameters by Tissue Doppler Imaging (TDI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
TDI (septal MV Ann)			0.01
Sm (cm/s)	7.9±1.2*	7.2±1.2	0.04
Em (cm/s)	11.7±2.1	11.9±2.2	0.328
Am (cm/s)	7.3±1.7*	6.4±1.1	0.008
E/Em	8.2±1.8	7.7±1.2	0.127
Em/Am	1.7±0.4*	1.9±0.5	0.007
TDI (posterior wall)			
Sm (cm/s)	11.1±2.1*	9.9±2.3	0.035
Em (cm/s)	17.4±3.0	17.4±3.8	0.469
Am (cm/s)	8.1±1.9*	7.3±1.8	0.041
E/Em	5.5±1.2	5.5±1.3	0.374
Em/Am	2.3±0.6	2.5±0.6	0.096

*P<0.05 significantly different from control group

Abbreviations: MV Ann, mitral valve annulus; Sm, peak myocardial velocity; Em, peak early diastolic myocardial velocity; Am, peak late diastolic myocardial velocity

서 측정된 SR은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다. 중격, 후벽, 하벽, 전벽에서 측정된 SR-e (peak strain rate in early filling)는 고혈압 청소년에서 정상 청소년에 비하여 유의하게 낮았다($P < 0.05$). SR-a (peak strain rate in late filling)는 두군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 7-10).

고 찰

고혈압은 심혈관 질환에 있어서 중요한 위험 인자로 좌심실 크기를 증가시키고 좌심실 충만을 악화시켜 이완기 기능 이상을 초

Table 6. Systolic Strain by Strain Rate Imaging (SRI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
Septum (%)			
Basal	-20.69±4.95	-21.89±4.38	0.151
Mid	-19.15±8.65*	-22.63±5.55	0.032
Apex	-19.35±8.00	-20.60±6.57	0.249
Lateral (%)			
Basal	-18.55±6.13*	-21.78±6.71	0.021
Mid	-17.15±4.59*	-19.77±4.92	0.014
Apex	-13.99±5.54*	-17.93±5.36	0.002
Inferior (%)			
Basal	-19.20±4.44*	-21.56±3.85	0.013
Mid	-20.79±4.35*	-24.37±3.53	0.000
Apex	-21.71±5.46	-21.91±6.55	0.444
Anterior (%)			
Basal	-20.62±5.26	-21.84±6.26	0.197
Mid	-19.67±5.08*	-24.35±5.52	0.000
Apex	-13.11±6.82*	-20.70±12.13	0.001

* $P < 0.05$ significantly different from control group

Table 7. Strain Rate at the Ventricular Septum by Strain Rate Imaging (SRI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
SR-s (s^{-1})			
Basal	-1.14±0.24	-1.17±0.31	0.317
Mid	-1.17±0.21	-1.21±0.22	0.229
Apex	-1.33±0.41	-1.37±0.35	0.330
SR-e (s^{-1})			
Basal	1.39±0.46*	1.60±0.32	0.019
Mid	1.56±0.36*	1.75±0.37	0.017
Apex	2.29±0.76*	2.66±0.82	0.029
SR-a (s^{-1})			
Basal	0.79±0.44	0.77±0.24	0.432
Mid	0.76±0.36	0.66±0.16	0.093
Apex	0.73±0.55	0.57±0.27	0.075

* $P < 0.05$ significantly different from control group
Abbreviations: SR-s, peak systolic rate in systole; SR-e, peak strain rate in early diastole; SR-a, peak strain rate in late diastole

래한다⁶⁾. E파 감속시간은 이완기 이상을 가진 환자에서 특징적으로 증가한다. 이는 좌심실 압력이 지속적으로 감소하지만 더 천천히 이루어지므로 좌심실과 좌심방 압력이 평형을 이루는데 더 시간이 걸리기 때문이다⁴⁾. TDI와 SRI를 이용하여 심근의 운동을 양적으로 평가할 수 있다^{7, 8)}. TDI는 높은 진동수와 낮은 진폭을 갖는 혈액의 반향을 걸러낼 수 있어서 국소적 심근 기능을 정량적으로 측정할 수 있게 되었다¹⁾. 심첨부 단면에서 얻은 심근의 장축 방향 속력은 관측자간 차이가 많이 없어 기존의 방법보다 좋은 것으로 나타났다⁹⁾. 그러나 이는 해당 분절의 누적 속도를 나타내므로 정상 심실에서는 불균일성을 보이므로 분석하고자 하는 분절의 수축력을 정확히 반영하지 못하고 전부와 심장의 이동, 회전에

Table 8. Strain Rate at the Lateral Wall by Strain Rate Imaging (SRI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
SR-s (s^{-1})			
Basal	-1.25±0.33	-1.25±0.26	0.498
Mid	-1.10±0.55	-1.15±0.55	0.371
Apex	-1.10±0.73	-1.31±0.50	0.100
SR-e (s^{-1})			
Basal	1.75±0.74	1.91±0.70	0.186
Mid	1.79±0.67*	2.13±0.57	0.015
Apex	2.14±0.86*	2.76±0.80	0.001
SR-a (s^{-1})			
Basal	0.85±0.45	0.80±0.34	0.316
Mid	0.69±0.37	0.75±0.26	0.231
Apex	0.65±0.55	0.59±0.26	0.303

* $P < 0.05$ significantly different from control group
Abbreviations: HTN, hypertension; SR-s, peak systolic rate in systole; SR-e, peak strain rate in early diastole; SR-a, peak strain rate in late diastole

Table 9. Strain Rate at the Inferior Wall by Strain Rate Imaging (SRI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
SR-s (s^{-1})			
Basal	-1.34±0.26	-1.33±0.26	0.462
Mid	-1.21±0.20	-1.22±0.16	0.458
Apex	-1.30±0.63	-1.21±0.71	0.303
SR-e (s^{-1})			
Basal	1.68±0.58	1.64±0.33	0.379
Mid	1.43±0.42*	1.62±0.32	0.027
Apex	1.90±0.71*	2.24±0.79	0.039
SR-a (s^{-1})			
Basal	0.74±0.24	0.80±0.30	0.190
Mid	0.66±0.22	0.65±0.21	0.439
Apex	0.60±0.37	0.51±0.22	0.117

* $P < 0.05$ significantly different from control group
Abbreviations: SR-s, peak systolic rate in systole; SR-e, peak strain rate in early diastole; SR-a, peak strain rate in late diastole

Table 10. Strain Rate at the Anterior Wall by Strain Rate Imaging (SRI) in Hypertensive and Normotensive Groups

	Hypertensive group	Normotensive group	P value
SR-s (s^{-1})			
Basal	-1.18±0.58	-1.27±0.32	0.219
Mid	-1.16±0.44	-1.26±0.33	0.169
Apex	-1.18±0.55	-1.19±0.63	0.478
SR-e (s^{-1})			
Basal	1.78±0.64	2.03±0.66	0.061
Mid	1.72±0.54*	2.08±0.62	0.007
Apex	1.85±0.84	1.94±0.92	0.330
SR-a (s^{-1})			
Basal	0.79±0.49	0.94±0.50	0.112
Mid	0.59±0.39	0.67±0.27	0.204
Apex	0.48±0.37	0.48±0.26	0.496

*P<0.05 significantly different from control group
Abbreviations: SR-s, peak systolic rate in systole; SR-e, peak strain rate in early diastole; SR-l, peak strain rate in late diastole, SRI, strain

영향을 받는 단점이 있다. 이와 비교하여 SR은 두 지점 사이의 길이 변화를 시간으로 나타낸 것이며, 심근의 국소적인 변형은 장축, 원주, 방사 3개의 방향으로 각각 변화하게 되는데 한 방향으로 변형이 일어나면 다른 방향으로도 변형이 동시에 일어나게 된다. 따라서 한 방향의 변형만을 측정하더라도 심근의 속도를 평가할 수 있으며, 심주기에 영향을 받지 않는 장점이 있다¹⁾.

본 연구에서는 고혈압 청소년군과 정상 혈압을 가진 청소년군에서 좌심실 기능 이상을 평가하기 위해 고식적인 초음파와 TDI, SRI를 이용하여 두 군에서 측정하였다. 고식적인 초음파로는 승모판에서 A 속도가 고혈압군에서 유의하게 높게 나타났으며 다른 계측치에서는 유의한 차이를 보이지 못했다. TDI로 고혈압군에서 승모판환에서 측정한 Em은 다른 연구^{2, 3, 5)} 결과와 달리 두 군간 유의한 차이가 없었다. 여러 TDI 연구에서 Em이 고혈압군에서 유의하게 감소하고 예후에 중요한 인자로 언급되었으나 본 연구에서 유의한 차이가 없는 이유는 고혈압에 노출된 기간이 매우 짧기 때문으로 생각된다. Harada 등¹⁰⁾은 정상 소아에서의 TDI에 관하여 발표하였는데 Peak E 심근 속도는 나이와 유의한 관련을 가지고 있으며 나이가 어릴수록 속도가 낮았다.

본 연구에서 A 심근 속도는 고혈압군에서 유의하게 높았으며, E/A 심근속도 비율도 유의하게 낮았다. 이는 다른 연구 결과와 일치하는 소견으로 고혈압 청소년군에서 좌심실의 비대 없이 좌심실의 이완이 잘 이루어지지 않음을 나타내었다^{2, 3, 5)}. 좌심실 비대 없는 초기 좌심실의 수축기 기능 이상은 승모판류의 TDI 조직속도의 감소로 나타나는 데 이는 전체적인 좌심실 기능을 측정하는 표준적인 방법이고¹¹⁾, 소아 청소년기의 고혈압에서 초기에 위험군을 선별하여 관리하는 좋은 방법이 될 수 있겠다.

또한 TDI는 혈관 변화로 인한 대동맥 경직을 측정할 수 있어 소아에서의 고혈압 뿐만 아니라 가와사키병, Marfan 증후군,

William 증후군 등에서도 이용할 수 있겠다¹²⁾. 본 연구에서 SRI를 이용하여 심장의 중격, 외벽, 하벽, 전벽의 4 부분에서 측정하였을 때 각 중간 부위에서 모두 고혈압 청소년군의 SR이 유의하게 낮게 나옴을 발견할 수 있었으며, 특히 SR-e가 유의하게 낮게 나와 청소년기의 고혈압에서도 좌심실의 이완 기능 이상이 나타남을 확인할 수 있었다. 이러한 검사 결과는 다른 연구결과와 일치한다^{3, 13, 14)}.

또한 SR과 심장 허혈과의 관계가 있음은 잘 알려진 사실이다¹⁵⁻¹⁷⁾. 본 연구 결과처럼 과거의 고식적인 심초음파로는 발견하기 어려운 초기 심장의 변화를 TDI와 SRI를 이용하여 객관적으로 이러한 심실 이상을 조기에 발견할 수 있으며 이는 성인뿐 아니라 청소년에서도 마찬가지이다.

이러한 좌심실 이완기의 이상은 좌심실 수축에도 영향을 주어 결국에는 수축기 기능에도 영향을 미치게 된다. Wang 등²⁾은 고혈압과 정상 성인을 대상으로 19개월간 추적 관찰하여 심장 원인으로 사망한 군과 생존군의 조직 속도를 측정하여 비교하였다. 이 연구 결과는 사망군의 E 심근 속도가 생존군보다 유의하게 낮았으며, 이는 비정상 좌심실의 충만이 사망과 연관이 있음을 나타내며, TDI가 고식적인 초음파의 심박출량 및 심장 기능의 척도로 사용될 수 있음을 시사하였다. 고혈압 환자에서 좌심실 비대는 심박량의 증가와 관련이 있는데 TDI와 SRI를 통해 좌심실 이완기의 충만 이상은 심혈관질환 위험 인자와 심장으로 인한 사망을 예측할 수 있게 되었다²⁾.

또한, Tsioufis 등⁵⁾의 연구에 따르면 106명의 새로 진단받은 고혈압 환자들을 대상으로 TDI를 시행한 결과 합병증이 없는 1, 2기의 본태성 고혈압에서도 대동맥 경직이 좌심실 이완기 기능 부전과 관련하여 증가하였다. 이러한 대동맥 경직이 좌심실의 비대 없이 초기에도 발생하였으며 이는 E/A 심근속도 비율의 감소와 유의하게 관련이 있었다. TDI는 비만군에서 정상군에 비해 더 감소하는 것으로 나타났고^{11, 18)} 이는 비만의 경우 좌심실 비대와 관련 없이 좌심실의 탄성 변화를 일으켜 발생한 것으로 생각된다¹⁹⁾. 이는 좌심실 비대가 없더라도 초기 심기능 이상이 TDI로 확인할 수 있음을 나타낸다. 이러한 이상을 나타내는 고혈압군에서는 추적 관찰 해야한다⁵⁾.

Kim 등³⁾의 연구에 의하면 고혈압 치료 후 좌심실 질량이 감소한 뒤에도 수축기 심근 속도, E 심근 속도의 감소가 지속적으로 있었다. 이는 고혈압으로 인하여 좌심실 벽에 콜라겐 기질, 심근, 세포 사이 단백질 등의 변화로 좌심실 이완기의 기능 이상이 생김을 알 수 있다^{20, 21)}.

고혈압이 지속되면 심장의 개조가 생기게 되고 이는 심장의 크기, 모양, 기능에 이상을 초래하게 된다. Isovolumic 이완시간 (IVRT)이 이러한 심장의 모양 변화에 의한 이완기 이상을 알아내는 고식적인 방법이었다²²⁾. 고식적인 방법으로는 전체적인 심장의 기능을 측정하기 때문에 정상으로 결과가 나올 수가 있으나 고혈압군에서 SRI를 통해서 국소적인 심장 기능 이상을 밝힐 수 있다. 이러한 이상 분절의 이완 이상은 정상군에서 고혈압군으로의 이행을 초기에 알아낼 수 있어서 초기 고혈압 환자를 발견하고 추

적 관찰하는데 중요하다²³⁾. 최근에는 TDI, SRI를 이용하여 고혈압 환자에서 심장의 모양에 따라 이완기 기능 이상을 보고하고 있으며, concentric 비대를 가진 고혈압군에서 SR-e 가 가장 낮게 나타났다^{3, 24)}.

본 연구의 제한점은 대상군의 수가 적다는 점이다. 고혈압군과 정상군의 Em 심근속도가 유의하게 차이가 없었는데 이는 성인 환자와 달리 연령이 낮은 청소년군에서의 연구 특성일 수도 있고, 대상군의 수가 적어서 발생할 가능성이 있다. 그러나 SRI 연구 결과는 성인의 연구와 유사한 결과를 보였으며, SRI 특성상 초기 고혈압에서의 심장의 변화와 기능 이상을 알아낼 수 있어 청소년 초기 고혈압부터 추적 관찰, 위험군 관리에 매우 의의가 있어 더욱 중요하겠다. 앞으로 이들이 성인이 되어서 이완기 기능 이상이 나타나 는 지 추적 관찰이 필요하며, 연구 대상군을 확대하여 우리나라 소아 청소년 고혈압군에서의 TDI와 SRI 연구를 하는 것이 필요하겠다.

요 약

목적: 고혈압에서 이완기 기능 이상은 수축기 기능 장애가 나타나기 전에 질환 경과에 일찍 발견되고 흔하게 관찰된다. 이완기 심기능을 평가하기에는 TDI가 고식적 심초음파보다 더 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 소아 및 청소년에서의 연구는 많지 않은 실정이다. 청소년 고혈압에서 심실 기능 이상을 발견하는데 있어서 SRI의 유용성을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

방법: 수축기 혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 90 mmHg이상인 고혈압을 가진 16-17세 사이의 38명의 청소년을 대상군으로 하였고, 같은 연령의 정상 혈압을 가진 청소년 19명을 대조군으로 하였다. M-mode 심초음파로 심실 중격 두께, 좌심실 후벽 두께를 측정하였고, 이면성 심초음파로 ejection fraction (EF), myocardial performance index (MPI)를 측정하였다. TDI를 이용하여 심근 수축기 심근속도, E 심근속도, A 심근속도를 측정하였고, SRI를 이용하여 strain과 strain rate을 측정하였다.

결과: M-mode 심초음파 소견상 심실벽 두께, 좌심실 후벽 두께가 고혈압군에서 유의하게 증가하였다. EF, MPI와 modified MPI는 두군간에 유의한 차이가 없었다. 고식적 심초음파 검사결과 고혈압군에서 A 혈류속도가 유의하게 증가되었고, TDI 검사상 A 심근 속도는 고혈압군에서 유의하게 증가하였고 E/A 심근속도 비는 유의하게 감소되었다. SRI에 의한 E strain rate은 고혈압군에서 기저, 중간 부위, 심첨부에서 유의하게 감소되었고, strain은 중격에서 고혈압군은 19.15±8.65%, 정상군은 22.63±5.55%으로 고혈압군에서 유의하게 감소하였다($P<0.05$).

결론: 고식적 초음파로는 좌심실 이완기 기능 이상만 관찰되었으나 SRI로 좌심실 이완 기능 외에 수축 기능이 유의하게 감소됨을 알 수 있었다. SRI를 이용하여 심실 기능의 이상을 조기에 발견할 수 있었다. 앞으로 더 많은 고혈압 청소년을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

References

- 1) Yip G, Abraham T, Belohlavek M, Khandheria BK. Clinical applications of strain rate imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:1334-42.
- 2) Wang M, Yip GW, Wang AY, Zhang Y, Ho PY, Tse MK, et al. Tissue Doppler imaging provides incremental prognostic value in patients with systemic hypertension and left ventricular hypertrophy. *J Hypertens* 2005;23:183-91.
- 3) Kim H, Cho HO, Cho YK, Nam CW, Han SW, Hur SH, et al. Relationship between early diastolic strain rate imaging and left ventricular geometric patterns in hypertensive patients. *Heart Vessels* 2008;23:271-8.
- 4) Aeschbacher BC, Hutter D, Fuhrer J, Weidmann P, Delacrétaz E, Allemann Y. Diastolic dysfunction precedes myocardial hypertrophy in the development of hypertension. *Am J Hypertens* 2001;14:106-13.
- 5) Tsioufis C, Chatzis D, Dimitriadis K, Stougianos P, Kakavas A, Vlasseros I, et al. Left ventricular diastolic dysfunction is accompanied by increased aortic stiffness in the early stages of essential hypertension: a TDI approach. *J Hypertens* 2005; 23:1745-50.
- 6) Fouad FM, Slominski JM, Tarazi RC. Left ventricular diastolic function in hypertension: relation to left ventricular mass and systolic function. *J Am Coll Cardiol* 1984;3:1500-6.
- 7) Urheim S, Edvardsen T, Torp H, Angelsen B, Smiseth OA. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000;102:1158-64.
- 8) Voigt JU, Nixdorff U, Bogdan R, Exner B, Schmiedehausen K, Platsch G, et al. Comparison of deformation imaging and velocity imaging for detecting regional inducible ischaemia during dobutamine stress echocardiography. *Eur Heart J* 2004 ;25:1517-25.
- 9) Sun JP, Popović ZB, Greenberg NL, Xu XF, Asher CR, Stewart WJ, et al. Noninvasive quantification of regional myocardial function using Doppler-derived velocity, displacement, strain rate, and strain in healthy volunteers: effects of aging. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:132-8.
- 10) Hiarada K, Orino T, Yasuoka K, Tamura M, Takada G. Tissue Doppler imaging of left and right ventricles in normal children. *Tohoku J Exp Med* 2000;191:21-9.
- 11) Willens HJ, Chakko SC, Lowery MH, Byers P, Labrador E, Gallagher A, et al. Tissue Doppler imaging of the right and left ventricle in severe obesity (body mass index >35 kg/m²). *Am J Cardiol* 2004;94:1087-90.
- 12) Harada K, Yasuoka K, Shimada Y. Usefulness of tissue doppler imaging for assessing aortic wall stiffness in children with the Marfan syndrome. *Am J Cardiol* 2004;93:1072-5.
- 13) Yuda S, Short L, Leano R, Marwick TH. Myocardial abnormalities in hypertensive patients with normal and abnormal left ventricular filling: a study of ultrasound tissue characterization and strain. *Clin Sci (Lond)* 2002;103:283-93.
- 14) Takemoto Y, Pellikka PA, Wang J, Modesto KM, Cauduro S, Belohlavek M, et al. Analysis of the interaction between segmental relaxation pattern and global diastolic function by

- strain echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:901–6.
- 15) Lee YA, Lee BH, Kang HS, Park JY, Choue CW, Song JS, et al. The changes of tissue velocity and strain rate after exercise in patients with coronary artery disease. *Korean Cir J* 2003;33:590–8.
 - 16) Edvarnsen T, Skulsrud H, Aakhus S, Urneim S, Inlen H. Regional myocardial systolic function during acute myocardial ischemia assessed by strain doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:726–30.
 - 17) Cain P, Marwick TH, Case C, Baglin T, Dart J, Short L, et al. Assessment of regional long-axis function during dobutamine echocardiography. *Clin Sci(Lond)* 2001;100:423–32.
 - 18) Yom HW, Kim SJ, Hong YM. Left ventricular diastolic function by tissue doppler in obese children. *Korean Pediatr Cardiol* 2003;8:346–57.
 - 19) Zarich SW, Kowalchuk GJ, McGuire MP, Benotti PN, Mascioli EA, Nesto RW. Left ventricular filling abnormalities in asymptomatic morbid obesity. *Am J Cardiol* 1991;68:377–81.
 - 20) Weber KT, Brilla CG. Pathological hypertrophy and cardiac interstitium. Fibrosis and renin-angiotensin-aldosterone system. *Circulation* 1991;83:1849–65.
 - 21) Palecek T, Linhart A, Lubanda JC, Magage S, Karetova D, Bultas J, et al. Early diastolic mitral annular velocity and color M-mode flow propagation velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function in patients with Fabry disease. *Heart Vessel* 2006;21:13–9.
 - 22) Wachetell K, Smith G, Gerds E, Dahlof B, Nieminen MS, Papademetrious V, et al. Left ventricular filling patterns in patients with systemic hypertension and left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 2000;85:466–72.
 - 23) Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Regional left ventricular distribution of abnormal segmental relaxation evaluated by strain echocardiography and the incremental value over annular diastolic velocities in hypertensive patients with normal global diastolic function. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:654–62.
 - 24) Pavlopoulos H, Grapsa J, Stefanadi E, Kamperidis V, Philippou E, Dawson D, et al. The evolution of diastolic dysfunction in the hypertensive disease. *Eur J Echocardiogr* 2008;9:772–8.