

도플러법에 의한 압축성 심낭염의 혈류상에 관한 연구

부산대학교 의과대학 내과학교실
하철봉 · 허재영 · 신영우 · 신영기

= Abstract =

Doppler Flow Patterns of Constrictive Pericarditis

Cheol Bong Ha, M.D., Jae Young Huh, M.D.,
Yung Woo Shin, M.D. and Yeong Kee Shin, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Pusan National University

To recognize the hemodynamic change in the constrictive pericarditis, we have reviewed the Doppler echocardiography, cardiac catheterization, and pathology of 6 patients who were admitted to Pusan National University Hospital due to right-side heart failure, diagnosed as constrictive pericarditis and were undertaken pericardiectomy.

Doppler echocardiographic findings showed that acceleration and deceleration of early diastolic rapid filling were increased, followed by shortening of duration but there was a tendency to decrease in velocity-time integral of early diastolic rapid filling compared to that of atrial contraction filling in the left ventricle. On the contrary, there was decrease in acceleration of rapid filling in right ventricle, but other indices were comparable to that of left ventricle. The integral of D wave increased relatively compared to that of S wave in superior vena caval flow. Also, there was decrease in peak flow velocity, acceleration and velocity-time integral of aortic and pulmonary arterial flow velocity. One patient who had increased fraction of integral of early diastolic rapid filling compared to that of atrial contraction filling in right ventricle showed that he had higher central venous pressure and D wave was dominant in superior vena caval flow.

In conclusion, Doppler flow patterns showed characteristic diastolic filling impairment and systolic dysfunction in constrictive pericarditis, so that Doppler echocardiography is believed to be a useful method of noninvasive diagnosis and follow-up of hemodynamic change in constrictive pericarditis.

KEY WORDS : Constrictive pericarditis · Doppler echocardiography.

서 론

압축성 심낭염은 심낭의 섬유화, 비후 및 유착의 결과로 확장기에 심실로의 혈류 유입이 제한을 받게되는 혈력동학적 특징을 가지는 질환으로^{1,2)}, 이 병태생리를 이해하는 것은 임상적으로 이 질환을 진단하고 평가하는데 대단히 중요하다. 이와같은 병태생리를 추구하는 검사법으로는 심도자법, 혈관조영술, 전산화 단층촬영법, 핵자기공명법 및 핵의학적 검사법 등이 사용되어 왔지만³⁻⁵⁾, 최근에는 심초음파법 및 도플러법을 사용하여 이들 검사법으로는 얻을 수 없었던 혈류상에 대한 연구가 진행되고 있다^{6,8)}. 이에 저자들은 우심부전증으로 입원하여 심낭절제술로 진단이 확인된 6예를 대상으로 하여 도플러법에 의한 혈류상을 비교 연구하여 압축성 심낭염에서의 혈력동학적 변화에 대하여 추구하였다.

대상 및 측정방법

대 상

1986년 12월부터 1988년 11월까지 부산대학교 병원에서 우심부전증으로 입원하여 압축성 심낭염으로 진단받고 심낭절제술을 받은 6예를 대상으로 하였다. 연구대상의 연령은 16세에서 49세사이였으며, 평균 28.5세였고, 남자가 3예, 여자가 3예였다. 대조군은 심질환이 없고, 혈류에 영향을 미치는 다른 질환이 없으면서 연구대상과 같은 연령군인 건강한 남녀 12명으로 하였다.

측정방법

간헐파 도플러 심초음파도는 Aloka SSD 880을 사용하여 실시되었다. 좌심실 확장기 혈류상, 우심실 확장기 혈류상과 대동맥 혈류상은 심첨4강 단층단면상에 도플러 sample volume을 승모판구, 삼첨판구의 혈류 중앙 부위에, 대동맥판류부 혈류 중앙 부위에 각각 설정하여 얻었으며, 폐동맥 혈류상은 대동맥 기부 단층단면상에서 sample volume을 폐동맥판류부 혈류 중앙 부위에 설정하여 얻었다. 상대정맥 혈

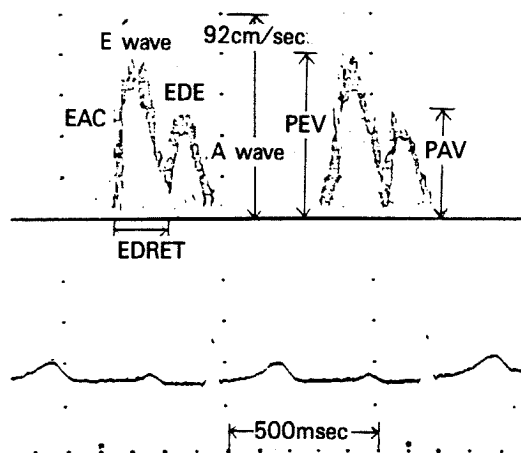


Fig. 1. An example of a spectral display of the Doppler mitral flow velocity profile, demonstrating the various characteristics of the profile that were measured. E wave ; Early diastolic rapid filling wave, A wave ; Atrial contraction wave, EAC ; acceleration of E wave, EDE ; deceleration of E wave, EDRFT ; Early diastolic rapid filling time, PEV ; peak E wave velocity, PAV ; peak A wave velocity.

류상은 탐촉자(transducer)를 우쇄골상과 흉쇄골유돌근 바로 내측에 위치하여 도플러 sample volume을 상대정맥 근위부에 설정하여 기록하였다^{9,10)}. 각 혈류상의 기록시에는 혈류의 방향과 도플러 beam의 각도를 최소한으로 유지하였다. 사용된 탐촉자는 2.5 MHz였다.

좌심실 확장기 유입 혈류상은 Fig. 1에서와 같이 확장초기 급속유입기에 나타나는 E파와 심방수축기때 나타나는 A파가 있어, 급속유입기(E파) 최고혈류속도, 급속유입기 가속도와 감속도, 급속유입기 시간, 심방수축기(A파) 최고혈류속도, 급속유입기와 심방수축기 최고혈류속도의 비 그리고 Steven 등¹¹⁾의 방법에 의한 E파와 A파의 혈류속적분에서 급속유입기 혈류속적분의 심방수축기 혈류속적분에 대한 비를 각각 구했다¹²⁻¹⁵⁾. 우심실 확장기 혈류상은 좌심실의 것과 비슷한 형태를 나타내기 때문에 좌심실의 측정방법과 동일하게 실시하였다. 상대정맥 혈류상은 Fig. 2에서와 같이 심방수축후에 나타나는 A파, 수축기중에 나타나는 S파와 확장기중에 나타나는 D파가 있는데 각파의 최고혈류속도와 혈류속

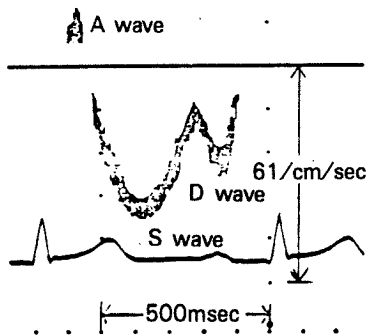


Fig. 2. Normal superior vena cava flow velocity wave obtained by pulsed Doppler echocardiography.

적분을 계속하여서 D파의 S파에 대한 최고혈류속도비와 혈류속적분비를 구했다^{16,17)}. 대동맥과 폐동맥 혈류상은 Fig. 3에서와 같이 각각의 최고혈류속도, 평균가속도, 구혈시간 및 혈류속적분을 계속하였다¹⁸⁾. 모든 계측은 연속하는 5심주기 기록을 평균하여 결정하였다.

결 과

심낭절제술을 받은 6예의 조직검사소견은 결핵성 심낭염이 4예였고, 1예는 만성 심낭염, 1예는 심낭의 섬유화만을 보였다. 심도자검사는 3예에서 실시되었으며, 나머지 3예는 심부전증이 심하여 심도자검사 없이 외과적 수술을 바로 시행하였다. 세 경

Table 1. Cardiac catheterization data of 3 patients

Patient	A	B	C
Pressure(mmHg)			
RA(a/v/m)	23/21/18	18/17/15	21/18/18
RV(s/d)	30/18	28/17	35/18
PA(s/d)	30/18	28/15	35/19
PAW(a/v/m)	24/27/18	18/17/15	21/23/18
LV(s/d)	—	80/21	—
CO(l/min)	1.6	3.0	2.0

Abbreviations : RA ; Right atrium, a/v/m ; a wave/v wave/mean, RV ; Right ventricle, s/d ; systolic/diastolic, PA ; Pulmonary artery, PAW ; pulmonary arterial wedge, LV ; Left ventricle, CO ; Cardiac output

Table 2. Doppler echocardiographic indices of mitral flow

Indices/Patient	A	B	C	D	E	Control
PEV(cm/sec)	61.0	49.1	73.6	90.0	41.4	71.8 ± 7.4
EAC(cm/sec ²)	1220.0	818.3	1051.4	1080.0	591.4	759.3± 120.8
EDE(cm/sec ²)	610.0	545.8	525.7	810.0	460.0	446.8± 106.0
EDRFT(msec)	150	150	160	140	160	273.4± 29.8
PAV(cm/sec)	32.0	46.2	42.5	44.0	48.2	39.7± 8.4
EVTI(cm)	4.58	3.68	5.89	6.25	3.31	9.45± 1.54
AVTI(cm)	1.75	2.77	2.98	1.83	3.37	3.29± 0.93
PEV/PAV	1.91	1.06	1.73	2.04	0.86	1.89± 0.38
EVTI/AVTI	2.40	1.33	1.98	3.42	0.98	3.10± 0.87

Abbreviations : PEV ; Peak E wave velocity, EAC ; E wave acceleration, EDE ; E wave deceleration, EDRFT ; Early diastolic rapid filling time, PAV ; Peak A wave velocity, EVTI ; E wave velocity-time integral, AVTI ; A wave velocity-time integral

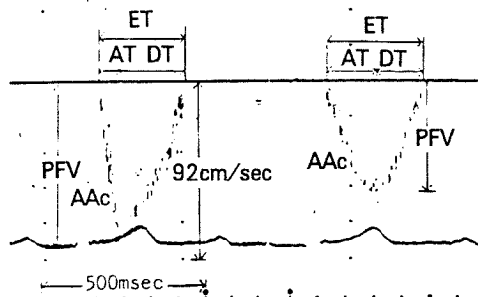


Fig. 3. Doppler blood flow velocity recordings from aorta (left panel) and pulmonary artery(right panel) of a normal subject. PFV; peak flow velocity, AAc; average acceleration rate, AT; acceleration time, DT; deceleration time, ET; ejection time.

위에 심실확장말기압, 폐동맥 확장기압, 폐모세혈관 췌기압이 등압을 보이며 증가되어 있었고, 심실확장기때 dip and plateau형태를 나타내었다(Table 1). 그리고 D환자는 심낭절제술을 받기전에 중심정맥압이 30mmHg를 나타냈다.

도플러 심초음파검사로 연구대상 6예중 5예에서는 좌우심실 확장기 유입혈류상, 상대정맥 혈류상, 대동맥 및 폐동맥 혈류상을 그리고 1예(F환자)에서는 상대정맥의 혈류상만 기록하였다.

압축성 심낭염에는 대조군에 비하여 도플러법에 따른 좌심실 확장기 유입혈류상의 급속유입기 가속도와 감속도는 증가하는 경향이 있고, 급속유입시간은 단축되었으며, 급속유입기 최고혈류속도의 심방수축기 최고혈류속도에 대한 비는 2예에서는 증가하였으나, 나머지 예에서는 감소하였다. 또 급속

Table 3. Doppler echocardiographic indices of tricuspidal flow

Indices/Patient	A	B	C	D	E	Control
PEV(cm/sec)	52.3	36.6	76.4	58.3	38.5	53.2 ± 8.3
EAC(cm/sec ²)	581.1	457.5	955.0	699.8	427.8	604.1± 274.5
EDE(cm/sec ²)	435.8	332.3	332.3	233.2	385.0	319.5± 82.0
EDRFT(msec)	210	190	110	140	190	274.5± 55.6
PAV(cm/sec)	25.5	23.1	67.9	45.1	27.0	26.1± 6.5
EVTI(cm)	5.49	3.48	5.76	4.05	3.66	6.83± 1.48
AVTI(cm)	1.40	1.16	6.34	2.19	1.49	2.12± 0.61
PEV/PAV	2.05	1.58	1.13	1.29	1.43	2.18± 0.70
EVTI/AVTI	3.92	3.00	0.91	1.85	2.46	3.47± 1.14

Abbreviations : The same as Table 2

Table 4. Doppler echocardiographic indices of superior vena caval flow

Indices/Patient	A	B	C	D	E	F	Control
PAV(cm/sec)	13.6	5.1	—	—	—	6.9	8.0 ± 6.8
PSV(cm/sec)	27.2	34.3	39.0	34.7	30.5	29.1	43.7 ± 8.1
PDV(cm/sec)	42.7	24.8	30.5	29.1	19.7	32.7	28.8 ± 6.3
AVTI(cm)	0.51	0.20	—	—	—	0.35	0.32± 0.30
SVTI(cm)	2.08	5.23	5.85	4.25	5.44	3.47	7.60± 2.21
DVTI(cm)	3.51	2.85	1.98	2.41	2.14	4.28	3.58± 1.21
PDV/PSV	1.57	0.72	0.78	0.84	0.65	1.12	0.68± 0.31
DVTI/SVTI	1.67	0.54	0.34	0.57	0.39	1.23	0.48± 0.14

Abbreviations : PAV ; Peak A wave velocity, PSV ; Peak S wave velocity, PDV ; Peak D wave velocity, AVTI ; A wave velocity-time integral, SVTI ; S wave velocity-time integral, DVTI ; D wave velocity-time integral

유입기 혈류속적분은 심방수축기 혈류속적분에 대비하여 감소하는 경향을 보였다(Table 2).

우심실 확장기 유입혈류상에서 급속유입기 가속도는 3예에서는 감소하였으나, 가속도가 증가하여서 급속유입기시간은 대조군에 비해 짧아졌으며, 급속유입기 최고혈류속도는 심방수축기 최고혈류속도에 대비하여 감소하고, 급속유입기 혈류속적분은 확장기 유입 혈류속적분에 대비하여 감소하는 경향을 보였다(Table 3).

상대정맥 혈류상에서 S파 최고혈류속도가 대조군에 비해 감소하였고, D파 최고혈류속도는 S파 최고혈류속도에 대비하여 증가하며, D파 혈류속적분은 S파 혈류속적분에 대비하여 상대적으로 증가하는 경향을 보였다(Table 4).

대동맥과 폐동맥 혈류상에서 최고혈류속도, 가속도 및혈류속적분이 대조군에 비해 감소하는 경향이 관찰되었다(Table 5).

고 안

압축성 심낭염에서는 심낭의 섬유화, 비후, 유착 및 석회화 등으로 심장 4강의 확장기 유입이 제한되고 용적이 정해지며, 이와같은 효과는 심장 4강에 일률적으로 가해지기 때문에, 심장 4강의 확장기압 및 폐모세혈관쇄기압이 등압을 이루면서 증가하며^{2,5, 19,20)}, 이 결과로 확장조기의 좌심실 급속유입은 비

탄력성인 심낭때문에 초래된 심실내강 용적의 한계점에 달하여 조기에 멈추게 되며 확장후기에서의 유입 또한 제한되는 것으로 이해되고 있는터이다^{2,21)}. Tyberg등²²⁾은 계수화 좌심실조영술로 좌심실 확장기 유입기능을 평가했는데, 조기확장기중 정상인에서는 $65 \pm 5\%$ 가 이루어지는 반면 압축성 심낭염에서는 $85 \pm 4\%$ 가 이루어진다고 보고하였다. 심도자소견의 특징인 좌우심실 확장기때 dip and plateau형태는 dip이 확장조기 급속유입을 그리고 plateau는 중기 후기 확장기에서의 부가적인 유입이 제한되는 상태를 반영한다고 하겠다¹⁹⁾.

본 연구에서 도플러법에 의한 좌심실 혈류상이 단축된 급속유입기를 보이는 것이나, 중심정맥압이 높을수록 급속유입기 최고혈류속도의 심방수축기 최고혈류속도에 대한 비 및 급속 유입기 혈류속적분의 확장기 혈류속적분에 대한 비가 높아지는 경향을 보이는 것은 이와같은 병태생리에 기인하는 것으로 이해할 수 있겠으며, Agatstan등⁶⁾이 Bush 등²³⁾이 제안한 유발법으로 상태를 악화시켜 관찰한 소견과도 부합한다고 하겠다.

우심실의 확장기 유입 혈류상은 대조군에 비해 급속유입기의 가속도가 감소한 것 외에는 좌심실의 소견과 유사한 경향을 나타내었다. 이는 대조군과 별차이를 보이지 않는 가속시간보다는 최고 혈류속도의 감소에 기인한 것으로 믿어진다. 최고혈류속도는 우심방-우심실간의 확장조기의 압력차에 영

Table 5. Doppler echocardiographic indices of aortic flow and pulmonary arterial flow

Indices/Patient	A	B	C	D	E	Control
Aortic flow						
PEV(cm/sec)	46.9	75.1	70.8	66.3	54.4	86.7 \pm 5.0
AAC(cm/sec ²)	521.1	938.8	885.0	795.0	494.5	1083.8 \pm 134.8
ET(msec)	300	360	240	290	330	305.2 \pm 25.5
VTI(cm)	7.04	13.52	8.50	9.61	8.98	13.18 \pm 1.14
Pulmonary flow						
PEV(cm/sec)	41.3	42.2	44.2	63.7	46.0	72.3 \pm 9.1
AAC(cm/sec ²)	344.2	324.6	368.3	509.6	306.6	466.2 \pm 94.5
ET(msec)	270	290	260	250	310	340.9 \pm 19.4
VTI(cm)	5.58	6.12	5.76	7.96	7.13	12.21 \pm 1.37

Abbreviations : PFV ; Peak flow velocity, AAC ; Average acceleration, ET ; Ejection time, VTI ; velocity-time integral

향을 받고 있고¹⁰⁾, 우심실이 좌심실보다 확장기에 내강이 더욱 한정되는 경향이 관찰되고^{2,3,24)}, 심도자 소견에서 확장초기의 압력변화율이 우심이 좌심실보다 더 완만한 것 등으로 미루어 최고혈류속도의 감소는 우심의 확장기 이완의 장애와 관련지어 설명할 수 있겠다. 그러나 중심정맥압이 연구대상중 가장 높았던 1예에서는 나머지에서 보다 최고혈류속도가 높은 값을 보여 우심방-우심실간의 압력차가 이 경우 최고혈류속도에 영향을 주는 또 다른 인자인 것으로 지적할 수 있겠다. 도플러 심초음파도에 의한 정상인의 상대정맥 혈류상은 뚜렷한 3파형으로 나타나는데, 작은 양성 A파는 우심방 수축에 기인하며, 음성의 S파는 수축기중에 나타나고, 이는 우심방 이완 및 삼첨판륵하강에 기인하며, 음성의 D파는 심실의 급속유입을 나타내는 것으로 믿어지고 있다. A파, S파, D파는 경정맥압곡선의 α 파, x하강, y하강과 각각 일치함이 지적되고 있으며, 정상인에서는 수축기 혈류가 더 우세하기 때문에 S파가 D파보다 커며 A파는 정상동조율하에서 약 반 정도에서만 관찰됨이 보고되고 있는 터이다²⁵⁾. 압축성 심낭염에서는 경정맥파의 y하강이 x하강보다 더 현저함이 알려져 왔고, 이와 부합하는 것으로 Nanda²⁵⁾는 압축성 심낭염에서 S파보다 D파가 더 우세한 것이 특징이라고 하였다. 그러나 Appleton등²⁶⁾은 압축성 심낭염에서 호흡정지기중에는 S파가 더 우세하며 흡기 첫번째 박동중 S파와 D파가 모두 정상적으로 증가하나 두번째 박동중에는 양파 모두 감소하고 역류하는 혈류속의 증가가 있으며 호기중에는 D파의 특징적인 감소가 있었다고 보고하였다. 본 연구에서는 D파 혈류속적분이 S파 혈류속적분보다 상대적으로 증가하는 경향이 관찰되었으며, 이와같은 경향은 상대정맥압이 높을수록 현저하여 압축성 심낭염으로 인한 혈력동학적 장애 정도에 따라 다양한 양상이 관찰될 수 있을 것으로 믿어진다.

연구대상예에서 대동맥과 폐동맥의 최고혈류속도, 가속도 및 혈류속적분이 대조군에 비해 감소하는 경향이 관찰된 것은 압축성 심낭염의 결과로 관동맥의 압박과 심근허혈, 심근위축²⁾ 또는 확장기 혈류 유입의 장애 등으로 심장의 수축기능장애 및 심방

출량의 감소가 초래된 것을 시사한다고 하겠다.

즉, 압축성 심낭염에서는 심실의 급속유입이 상대적으로 급속하고 그 시간도 단축되며, 확장후기의 유입량은 제한되는 경향이고, 이와같은 현상은 우심보다 좌심에서 현저함을 알 수 있었다. 또 상대정맥에서는 수축기보다 확장에 보다 많은 혈류가, 우심방으로 유입되는 경향이 있어 우심방의 이완이 제한됨을 시사하였다. 아울러 우심 및 좌심의 수축능과 심방출량의 감소를 또한 인지할 수 있었다. 이와같은 결과로 압축성 심낭염에서는 심장의 확장기 혈류 유입의 장애와 아울러 수축기능의 장애가 있으며, 심방의 이완능의 제한 등으로 심부전증이 초래되는 것이라고 하겠다.

결 론

압축성 심낭염으로 진단받고 심낭절제술을 받은 6예의 환자를 대상으로 하여 도플러 심초음파검사, 심도자검사와 조직검사 등을 시행하여 얻은 소견을 검토하였다.

연구결과는 좌심의 급속유입기 가속도와 감속도가 증가하였으며 유입시간의 단축이 있었고, 급속유입 혈류속적분이 심방수축기 혈류속적분에 대비하여 감소하는 경향을 관찰하였다. 이에 반해 우심의 급속유입기 가속도는 감소하였으나, 다른 지표는 좌심과 비슷한 경향을 볼 수 있었다. 또 상대정맥 혈류속파의 D파 적분은 S파 적분에 비해 상대적으로 커짐을 알 수 있었다. 그리고 대동맥 및 폐동맥 혈류속파의 최고혈류속도, 가속도 및 혈류속적분이 감소하였다. 우심의 급속유입혈류속적분이 심방수축기 혈류속적분에 대비하여 증가된 1예에서는 중심정맥압이 더 높았으며, 상대정맥에서도 D파가 더 우세함을 볼 수 있었다.

결론적으로 도플러법에 의한 혈류상에서 압축성 심낭염의 특징적인 확장기 혈류 유입의 장애 및 수축기능의 장애소견이 인지되었다. 따라서 도플러법은 압축성 심낭염의 혈력동학적 변화를 비침습적으로 진단하고 추구관찰할 수 있는 유용한 진단법으로 사료된다.

References

- 1) Fowler NO : *Constrictive pericarditis : New aspects.* *Am J Cardiol* 50 : 1014, 1982
- 2) Braunwald E : *Heart disease : A textbook of cardiovascular disease.* In : Lorell VH, Braunwald E : *Pericardial disease* p1501-1508, 3rd ed WB Saunders Company 1988
- 3) Soulen RL, Stark DD, Higgins CB : *Magnetic resonance imaging of constrictive pericardial disease.* *Am J Cardiol* 55 : 480, 1985
- 4) Sutton FJ, Whitley ND, Applefeld MM : *The role of echocardiography and computed tomography in the evaluation of constrictive pericarditis.* *Am Heart J* 109(2) : 350, 1985
- 5) Pandian NG, Skorton DJ, Kieso RA, Kerber RE : *Diagnosis of constrictive pericarditis by two-dimensional echocardiography : Studies in a new experimental model and in patients.* *J Am Coll Cardiol* Vol 5, No 6 : 1164, 1984
- 6) Agatston AS, Rao A, Price RJ, Kinney EL : *Diagnosis of constrictive pericarditis by pulsed Doppler echocardiography.* *Am J Cardiol* 54 : 929, 1984
- 7) Hicks D, Fitzpatrick P, Nanda NC : *Doppler echocardiography of the superior vena cava.* *Clin Res* 31 : 191A, 1983
- 8) Nishimura RA, Connolly DC, Parkin TW, Stanson AW : *Constrictive pericarditis : Assessment of current diagnostic procedures.* *Mayo Clin Proc* 60 : 397, 1985
- 9) Feigenbaum H : *Echocardiography.* In : *Doppler echocardiography* p104-111, *Pericardial disease* p 548-578. 4th ed. Lea & Febiger 1986
- 10) Hatle L, Angelson B : *Doppler ultrasound in cardiology : Physical principles and clinical applications.* In : *Pulsed Doppler recording of intracardiac blood flow velocities : Orientation and normal velocity patterns* p74-94, 2nd ed Lea & Febiger 1985
- 11) Steven JL, Tami L, Jaward I : *Pattern of left ventricular diastolic filling associated with right ventricular enlargement.* *Am J Cardiol* 62 : 444, 1988
- 12) Choong CY, Herrman HC, Weymann AE, Fifer MA : *Preload dependence of Doppler-derived indexes of left ventricular diastolic function in human.* *J Am Coll Cardiol* Vol 10, No 4 : 800, 1987
- 13) Labovitz AJ, Pearson AC : *Evaluation of left ventricular diastolic function : Clinical relevance and recent Doppler echocardiographic insights.* *Am Heart J* 114 : 836, 1987
- 14) Sakakibara H, Nimura Y : *Augmentation of atrial contraction to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry.* *Am J Cardiol* 53 : 586, 1984
- 15) 北富顯, 井上通敏, 超音波心臓ドプラー法. 超音波ドプラー血流計測法, p51-83, 血流と心機能, p 241 丸善株式会社 1986
- 16) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL : *Superior vena cava and hepatic vein Doppler echocardiography in healthy adults.* *J Am Coll Cardiol* Vol 10, No 5 : 1032, 1987
- 17) Cohen ML, Cohen BS, Kronzon I, Lighty GW, Wiener HE : *Superior vena caval blood flow velocities in adults : Doppler echocardiographic study.* *J Appl Physiol* 61 : 215, 1986
- 18) Gardin JM, Burn CS, Childs WJ, Henry WL : *Evaluation of blood flow velocity in the ascending aorta and main pulmonary artery of normal subjects by Doppler echocardiography.* *Am Heart J* 107 : 310, 1984
- 19) Brandenburg RO, Fuster V, Giuliani ER, McGoon DC : *Cardiology : Fundamentals and practices.* In : Brandenburg RO, McGoon DC : *The pericardium* p1659. Year Book Medical Publishers INC 1987
- 20) Hurst JW, Logue RB, Rackley CE, Schlant RC, Sonnenblick EH, Wallace AG, Wenger NK : *The Heart* In : *Constrictive pericarditis* p1263. 6th ed McGraw-Hill Book Company 1985
- 21) Tyberg TI, Goodyer AVN, Langou RA : *Genesis of pericardial knock in constrictive pericarditis.* *Am J Cardiol* 46 : 570, 1980
- 22) Tyberg TI, Goodyer AVN, Hurst III VW, Alexander J, Langou RA : *Left ventricular filling in differentia-*

- ting restrictive amyloid cardiomyopathy and constrictive pericarditis. Am J Cardiol 47 : 791, 1981*
- 23) Bush CA, Stang JM, Wooley CF, Kilman JW : *Occult constrictive pericardial disease. Circulation 56 : 924, 1977*
- 24) Engel PJ, Fowler NO, Tei C, Shah PM, Diredger HJ, Shabetai R, Harbin D, Franch RH : *M-mode echocardiography in constrictive pericarditis. J Am Coll Cardiol Vol 6 No 2 : 471, 1985*
- 25) Nanda NC : *Doppler echocardiography. In : Suthar AL, Nanda NC : Doppler examination of superior vena cava, azygos vein, and hepatic veins p130-148, 1st ed Igaku-Shoin Ltd 1985*
- 26) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL : *Central venous flow velocity patterns can differentiate constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy. J Am Coll Cardiol 9 : 119A, 1987*