

좌심실 비대때 Handgrip 및 Cold Pressor Test가 승모판 혈류에 미치는 영향*

고신대학 의학부 내과학교실

임 학* · 이신호 · 안수열 · 김진규 · 정인권 · 이재우

= Abstract =

The Effects of Handgrip and Cold Pressor Test on Mitral Flow in Patients with Left Ventricular Hypertrophy

Hark Rim, M.D., Shin Ho Lee, M.D., Soo Yeol Ahn, M.D.,
Jin Kyoo Kim, M.D., In Kwon Jung, M.D., Jae Woo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, Kosin Medical College, Pusan, Korea

Background

Handgrip and cold pressor test may increase the afterload of the heart. And in left ventricular hypertrophy, it is known that mitral flow pattern is affected by decreased left ventricular compliance. We investigated the effects of handgrip and cold pressor test on mitral flow pattern in patients with left ventricular hypertrophy.

Methods

Handgrip and cold pressor test were performed in 12 subjects with left ventricular hypertrophy and in 14 healthy normal subjects. In supine position, blood pressure, heart rate and Doppler echocardiographic parameters(early peak flow velocity : E, atrial peak flow velocity : A) were obtained at rest, 1 and 3 minutes after the onset of tests respectively.

Results

In both groups, handgrip and cold pressor test increased blood pressure slightly without a statistical significance. In left ventricular hypertrophy group, there were significant increments in heart rates at 1 minute of handgrip ($78 \pm 12 \text{ min}^{-1}$, $p < 0.001$) and cold pressor test($77 \pm 7 \text{ min}^{-1}$, $p < 0.05$) as compared to that at rest($73 \pm 12 \text{ min}^{-1}$). Mitral flow velocities did not show significant change after the tests in control group. A waves after 1 minute of handgrip($85.2 \pm 18.4 \text{ cm/sec}$, $p < 0.05$) and cold pressor test ($87.3 \pm 17.8 \text{ cm/sec}$, $p < 0.001$) showed significant increases as compared to that at rest($79.1 \pm 14.9 \text{ cm/sec}$) in left ventricular hypertrophy group whereas E waves did not.

Conclusion

Although handgrip and cold pressor tests did not affect the mitral flow significantly in control group, each test raised A waves in left ventricular hypertrophy group. These results

*본 논문은 제 34차 대한순환기학회 추계학술대회에서 구연되었음.

suggest that increased A waves may be due to a rise in afterload and decreased left ventricular compliance caused by handgrip and cold pressor test in left ventricular hypertrophy group.

KEY WORDS : Handgrip · Cold pressor test · Afterload · Mitral flow · Left ventricular hypertrophy.

서 론

Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류의 계측은 좌심실 확장기 기능을 분석하는데 널리 이용되고 있다¹⁾. 좌심실 확장기 기능의 이상상태는 확장기 초기 혈류의 속도 및 혈류량의 감소와 연관되어 있으며 확장기 초기 최대 혈류속도의 감소 및 심방 수축기 혈류속도의 상대적 또는 절대적 증가는 좌심실의 이완기 기능 이상의 한 지표로 제시 되고 있다^{2,3)}.

여러 실험적 보고에 의하면, 승모판 혈류는 좌심방과 좌심실 사이의 압력차에 의해 결정되며⁴⁻⁷⁾ 좌심실 비대등과 같은 좌심실의 확장 기능 이상상태는 좌심방 압력의 변화를 유발 시키고 이는 좌심방과 좌심실 사이의 압력차의 변화를 일으켜 확장기 초기 혈류의 변화를 초래한다고 알려져 있다⁷⁻⁹⁾.

심장기능을 평가하는 수기중 isometric handgrip test는 심박수와 혈압을 증가시키며^{17,18,20)} cold pressor test는 α -수용체를 매개하여 전신혈관수축을 일으킨다고 알려져 있다^{19,21)}. 한편 좌심실비대와 같은 좌심실기능장애시엔 좌심실의 용압율(compliance) 감소 및 이에 대한 보상작용으로 승모판혈류형태의 변화를 보인다^{10,16,23)}고 알려져 있다. 저자들은 이러한 handgrip 및 cold pressor test가 유발시키는 후부하의 증가가 정상 및 좌심실 확장기 기능 이상 상태의 심장에 미치는 영향을 평가하기 위해 좌심실 비대군 및 건강 대조군을 대상으로 Doppler 심초음파도를 이용하여 심장 확장기 기능지표를 구하고 이를 비교 분석 하였다.

대상 및 방법

1990년 5월부터 동년 7월말까지 고신의료원에 입원한 환자중 M형 심초음파도상 판막질환이 없으며 좌심실비대(심실중격 또는 좌심실후벽 두께

가 12mm 이상)로 확인된 좌심실비대군 12례 및 과거 심폐질환의 병력이 없는 건강대조군 14례를 대상으로 삼았다.

피검자를 앙와위 상태에서 안정 시킨뒤 왼팔에서 혈압 및 심박수를 측정 하였다. 안정시 M형 심초음파 기기(Aloka SD 880 with recorder)를 이용하여 흉골연 장축단면도 에서 좌심실의 내경 및 심실두께의 계측을 위한 영상을 얻었다. 이후 2.5MHz의 간헐파 Doppler transducer로 sample volume을 좌심실측의 승모판의첨단부에 고정 시킨후 승모판 혈류의 Doppler신호를 100mm/sec의 속도로 기록 하였다. 여기서 확장기 초기 최대 혈류속도(early peak flow velocity : 이하 E)와 심방 수축기 최대 혈류속도(atrial peak flow velocity : 이하 A)를 측정 하였으며, 이들은 3개 이상의 심주기에서 측정하여 평균값을 취하였다.

다음, 오른손에 파악기(handgrip)를 쥐고 1분간 isometric handgrip exercise(handgrip, 이하 HG)를 시행하였으며, 운동 직후(HG 1분) 및 운동완료후 2분(HG 3분)에 동일한 방법으로 혈압, 심박수 및 승모판 혈류속도를 측정 하였다.

HG 3분시의 검사를 완료후 안정을 취하였으며 혈압과 심박수가 안정상태로 회복된것을 확인한 뒤, 오른손을 손목 까지 섭시 4도의 물에 1분간 침수 시킨뒤(cold pressor test, 이하 CP), 냉수에서 손을 꺼내는 시점(CP 1분) 및 침수완료후 2분(CP 3분)에 같은 방법으로 혈압, 심박수 및 승모판 혈류속도를 측정 하였다(그림 1).

자료는 평균치와 표준편차로 계산하였으며 각 군에 분포된 평균치간의 차이는 Student's t-test를 이용하여 p값을 구하였고 $p < 0.05$ 인 경우에 유의성을 인정하였다.

결 과

실험대상으로 선정된 대조군과 좌심실비대군의

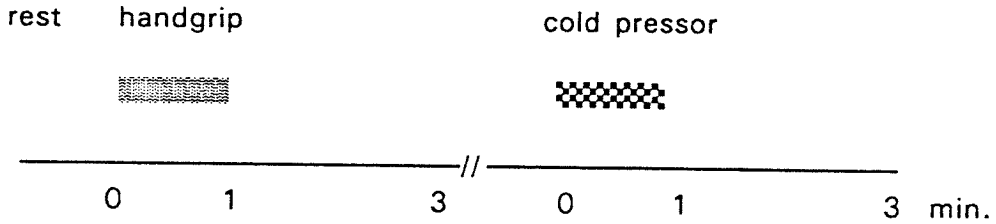


Fig. 1. Schematic representation of the study design.

나이, 성별 및 심초음파도 측정치는 표 1에 나타나 있다. 대조군은 14명 모두 남자로서 평균연령 23.9 ± 2.2 세 였으며, 좌심실비대군 12명은 남녀 각각 6명씩으로서, 평균연령은 44.3 ± 14.0 세 였다. 확장기 및 수축기의 좌심실 내경은 대조군에서는 각각 47 ± 5 및 30 ± 3 mm 였으며 좌심실비대군에서는 각각 50 ± 4 및 33 ± 6 mm 로서 후자에서 다소 큰 값을 보였다. 좌심실 후벽 및 심실중격 두께는

Table 1. Patient profile and M-mode echocardiographic parameters

	Control(n=14)		LVH(n=12)	
Age(years)	23.9	± 2.2	44.3	± 14.0
Sex(M/F)	14/0		6/6	
LVIDd(mm)	47	± 5	50	± 4
LVIDs(mm)	30	± 3	33	± 6
PW(mm)	9.1	± 1	12.6	± 2
IVS(mm)	9.3	± 1	15.2	± 3
EF(%)	73	± 6	71	± 11
LV mass(g)*	170	± 27	357	± 110

LVIDd & LVIDs : left ventricular internal dimension, diastole & systole, PW : posterior wall thickness, IVS : interventricular septal wall thickness, EF : ejection fraction, *LV mass = $1.04[(IVS + PW + LVIDd)^3 - LVIDd^3] - 13.6$

Values are expressed as mean ± SD.

대조군에서 9.1 ± 1 및 9.3 ± 1 cm, 좌심실비대군에서 12.6 ± 2 및 15.2 ± 3 cm 였다. 구혈율은 양군에서 유사하였으며 좌심실근량은 대조군 및 좌심실비대군에서 각각 170 ± 27 및 317 ± 110 그램이었다. 여기서 좌심실근량(g) = $1.04[(\text{심실중격두께} + \text{후벽두께} + \text{좌심실이완기내경})^3 - \text{좌심실이완기내경}^3] - 13.6$ 으로 산출하였다.

양군에서 HG 및 CP 전후의 혈압과 맥박수의 변화는 표 2에 나타나 있다. 대조군의 혈압은 안정시와 HG 1분시 각각 평균 $126 \pm 15/74 \pm 9$ 및 $131 \pm 16/78 \pm 12$ mmHg 였으며, 심박수도 안정시 분당 67 ± 7 회, HG 1분시 71 ± 9 회로서 다소 증가하는 경향을 보였으나 통계적 의의는 없었다. HG 3분 때에는 안정시와 유사한 값을 보였다. 좌심실비대군의 혈압은 안정시와 HG 1분시 각각 평균 $154 \pm 25/96 \pm 18$ 및 $162 \pm 25/94 \pm 16$ mmHg로서 수축기 혈압의 증가를 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 그러나 심박수는 안정시 분당 73 ± 12 회, HG 1분시 분당 78 ± 12 회로 유의한 증가를 보였다($p < 0.001$). CP때 양군에서 안정시와 비교한 혈압은 CP 1분때 다소 증가하였으나 통계적 의의는 없었다. 좌심실비대군에서 CP 1분때의 심박수는 분당 77 ± 7 회로서 안정시에 비해 유의한 증가($p < 0.05$)를

Table 2. Responses of blood pressure and heart rate before, 1 and 3 minutes after handgrip and cold pressor test

	Control(n=14)			LVH(n=12)		
	SBP	DBP	HR	SBP	DBP	HR
Rest	126 ± 15	74 ± 9	67 ± 7	154 ± 25	96 ± 18	73 ± 12
HG 1 min.	131 ± 16	78 ± 12	71 ± 12	162 ± 25	94 ± 16	78 ± 12*
HG 3 min.	123 ± 16	74 ± 15	68 ± 10	154 ± 21	93 ± 16	74 ± 9
CP 1 min.	132 ± 21	80 ± 19	68 ± 11	168 ± 27	98 ± 15	77 ± 7 ⁺
CP 3 min.	121 ± 15	73 ± 10	65 ± 8	150 ± 23	93 ± 16	72 ± 8

* $p < 0.001$ versus resting value, + $p < 0.05$ versus resting value, SBP : systolic blood pressure, DBP : diastolic blood pressure, HR : heart rate, HG : handgrip, CP : cold pressor test, Values are expressed as mean ± SD.

Table 3. Responses of Doppler echocardiographic parameters of mitral flow velocity to handgrip and cold pressor test

	Control(n=14)			LVH(n=12)		
	E	A	E/A	E	A	E/A
Rest	74.8± 9.9	37.2± 7.2	2.06± 0.37	70.6± 18.8	79.1± 14.9	0.90± 0.18
HG 1 min.	77.6± 10.3	39.0± 7.1	2.03± 0.40	71.4± 18.7	85.2± 18.4*	0.85± 0.17
HG 3 min.	74.7± 9.6	37.8± 4.7	1.99± 0.20	69.2± 19.9	81.0± 21.5	0.89± 0.23
CP 1 min.	76.3± 10.2	38.2± 6.3	2.06± 0.31	72.4± 22.3	87.3± 17.8 ⁺	0.84± 0.22
CP 3 min.	76.8± 10.4	35.9± 4.4	2.15± 0.26	71.7± 21.8	81.9± 24.1	0.91± 0.23

*p<0.05 versus resting value, +p<0.001 versus resting value, E : early peak flow velocity, A : atrial peak flow velocity(cm/sec), HG : handgrip, CP : cold pressor test, Values are expressed as mean±SD.

보였다.

양군에서 HG 및 CP전후의 승모판 혈류속도변화를 표 3과 그림 2, 3에 나타내었다. 대조군의 안정시 E 및 A값은 각각 평균 74.8±9.9 및 37.2±7.2cm/sec 였으며 E/A ratio는 2.06±0.37이었다. HG 및 CP후의 E, A값과 E/A 비는 안정시와 유사하였다. 좌심실비대군의 안정시 E 및 A값은 평균 70.6±18.8 및 79.1±14.9cm/sec로서 A값에서 대조군(37.2±7.2cm/sec)과 큰 차이를 보였다. 좌심실비대군에서 HG 1분때의 E값은 71.4±18.7cm/sec로서 안정시와 유사했으나 A값은 85.2±18.4cm/sec

로서 안정시에비해 유의한 증가(p<0.05)를 보였다. 좌심실비대군에서 CP 1분시의 A값(87.3±17.8 cm/sec)도 안정시에 비해 유의한 증가(p<0.001)를 보였다. 좌심실비대군의 E/A 비는 안정시 0.90±0.18이었으며 HG 1분 및 CP 1분때 A값의 증가로인해 안정시보다 감소(각각 0.85±0.17 및 0.84±0.22)하는 경향을 보였으나 통계적 의의는 없었다(그림 4).

고 안

간헐과 Doppler 심초음파도로 측정된 좌심 이

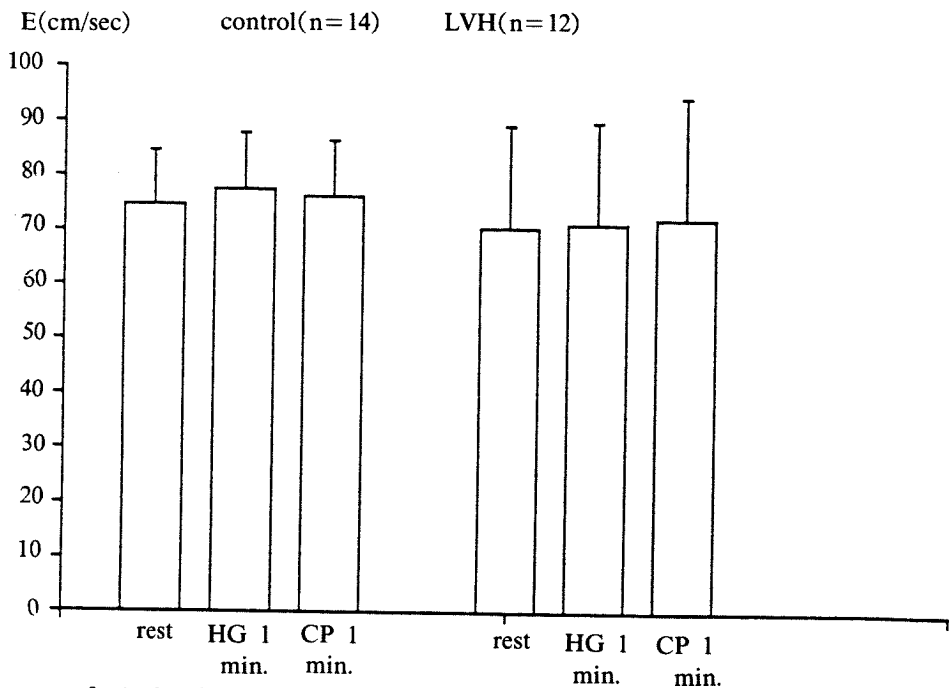


Fig. 2. Responses of mitral early peak flow velocity to handgrip and cold pressor test. E : early peak flow velocity, HG : handgrip, CP : cold pressor.

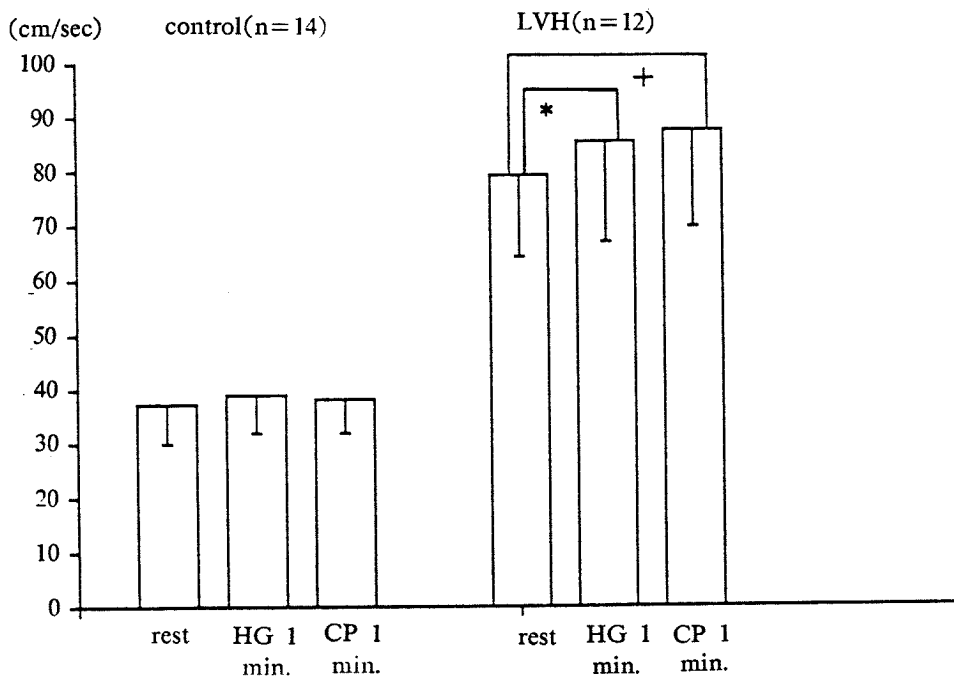


Fig. 3. Responses of mitral atrial peak flow velocity to handgrip and cold pressor test. * $p < 0.05$ vs resting value, + $p < 0.001$ vs resting value, A : atrial peak flow velocity, HG : handgrip, CP : cold pressor.

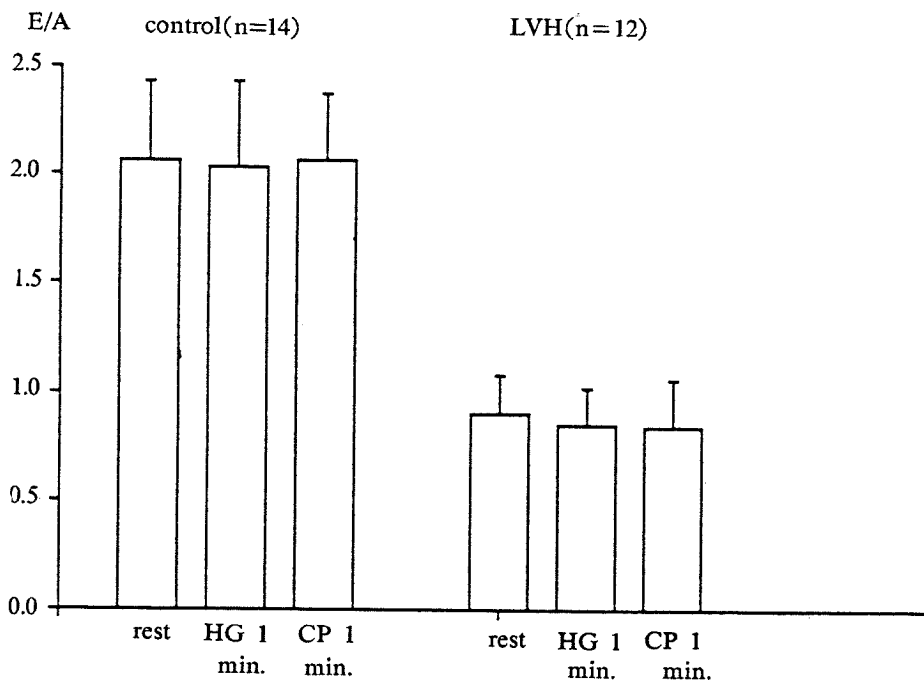


Fig. 4. Ratio of early to atrial peak flow velocity in response to handgrip and cold pressor test. HG : handgrip, CP : cold pressor.

완기 유입혈류속도와형의 여러 제원은 심도자법, 좌심실조영술 및 핵종 심실조영술(radionuclide ventriculography) 등으로 측정된 좌실 이완기 기능의 소견과 밀접한 상관관계를 보인다고 하여^{11,12,13)} 이를 이용한 각종 심질환에서의 좌실 이완기 기능의 평가가 시도 되고있다^{14,15)}.

심장기능을 평가하는 수기로서, handgrip test (HG)는 실험 개시 1분이내의 빠른 시간내에 심박수, 혈압 및 좌심실 수축기압을 상승시키며^{17,18,20)}, cold pressor test(CP) 또한 교감신경을 활성화시켜 전신혈관수축을 일으킨다^{19,21)}고 알려져 있다. 고혈압, 좌심실비대, 연령의 증가등에서는 정상에 비해 E파의 감소 및 A파의 증가가 있으며 이는 주로 좌심실의 용압율(compliance)의 감소 및 심박출량의 유지를위한 심방의 보상작용 때문이라한다^{10,16,23)}. 본 연구에서는 좌심실비대때 위의 두가지 검사로 유발된 후부하의 증가가 승모판 혈류에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 관찰하였다.

저자들은 HG 및 CP때 혈액학적 상태의 변화를 실험개시전(HG전) 안정시의 값과 비교분석하였다. CP전 피검자의 혈액학적 상태를 HG전의 안정상태와 동일하게 조건화시키기 위해 HG종료후 5분, 10분, 20분에 수축기 및 이완기 혈압과 심박수를 측정하여 이들 값이 HG전 안정시의 값과 5%이내의 차이로 되돌아 온후에 CP를 개시하였다. 20분이상 경과하여도 HG전 안정시와의 차이가 5%이내로 돌아오지 않은 피검자는 실험대상에서 제외하였다.

대조군과 좌심실 비대군 모두에서 안정시와 비교한 혈압은 HG 1분과 CP 1분때 증가하는 경향은 있었으나 유의하지 않았다. 이에 대한 원인은 첫째, 검사가 유발시키는 심장에 대한 부하가 다소 미약했을 가능성이 있으며 둘째, HG시 혈압과 심박수의 상승은 대개 45초 이내에 일어나므로¹⁷⁾ 검사개시후 1분이내에 최대 혈압 및 심박수의 증가가 있었다가 혈압측정당시엔 최대상승치보다 낮은 값을 보였을 가능성등을 생각할 수 있다. 심박수의 변화를 보면, 좌심실비대군에서 안정시($73 \pm 12 \text{ min}^{-1}$)에비해 HG 1분과 CP 1분때 유의한 증가(각각 $78 \pm 12 \text{ min}^{-1}$, $p < 0.001$ 그리고 77 ± 7 , $p < 0.05$)를 보였는데 이 또한 교감신경의 활성화

때문으로 생각된다. 양군에서 HG 3분과 CP 3분때의 혈압 및 심박수는 안정시에 비해 통계적 차이가 없었으며, 이는 각 검사후 2분 이내에 심혈관계의 변화가 안정상태로 회복할 수 있음을 시사한다.

안정시 대조군의 E파와 A파는 각각 74.8 ± 9.9 및 $37.2 \pm 7.2 \text{ cm/sec}$ 였고 E/A비는 2.06 ± 0.37 이었다. 반면 좌심실비대군의 E파와 A파는 각각 70.6 ± 18.8 및 $79.1 \pm 14.9 \text{ cm/sec}$, 그리고 E/A는 0.90 ± 0.18 로서 양군사이에 큰 차이가 있었다. 이러한 E/A비의 반전은 주로 A파의 상승때문이었는데 이는 앞에서 언급한 고혈압 및 좌심실비대에 의한 좌심실의 용압율(compliance)의 감소와 이에 대한 보상작용^{10,16,23)}으로 생각할 수 있다. 이밖에도 대조군과 좌심실비대군의 평균연령이 각각 23.9 및 44.3세로서 좌심실비대군에서 연령의 증가 또한 A파의 상승에 한 요인^{2,3,22)}으로 작용하였을것으로 추측 하였다.

HG 및 CP 를 시행한 후 대조군에서는 승모판 혈류속도가 안정시에 비해 뚜렷한 차이가 없었던 반면에 좌심실비대군에서는 A파가 안정시($79.1 \pm 14.9 \text{ cm/sec}$)에 비해 두 검사 모두에서 (HG 1분때 $85.2 \pm 18.4 \text{ cm/sec}$, $p < 0.05$ 및 CP 1분때 $87.3 \pm 17.8 \text{ cm/sec}$, $p < 0.001$) 각각 의미있게 증가 하였다. 이는 HG 및 CP가 유발시킨 후부하의 증가 및 좌심실용압율의 감소로 인해 이차적으로 A파의 상승이 일어났을것으로 추정할 수 있다. 그러나 이러한 요인 이외에, 검사수기로인해 유발된 심박수의 증가가 전체확장기충만시간(total diastolic filling period)을 단축시켜 이로인한 이차적 A파의 상승²²⁾이 실험결과에 다소 영향을 미쳤을 가능성도 함께 고려되어야 하겠다.

요 약

연구배경

심장기능을 평가하는 수기로서 handgrip 및 cold pressor test는 전신혈관수축 및 혈압의 상승을 초래하여 심장의 후부하를 증가시킨다고 알려져 있다¹⁷⁻²¹⁾. 한편 좌심실비대와 같은 좌심실기능장애 시엔 좌심실의 용압율(compliance) 감소 및 이에 대한 보상작용으로 승모판혈류형태의 변화를 보

인다^{10,16,23)}고 알려져있다. 연구자들은 handgrip 및 cold pressor test가 유발시키는 후부하의 증가가 좌심실비대때 승모판혈류에 어떠한 영향을 미치는가에 관하여 조사하였다.

방 법

좌심실비대군 12례 및 대조군 14례를 대상으로 양와위에서 오른손으로 1분간의 handgrip(HG) 및 1분간의 cold pressor test(CP)를 시행했으며 실험전 안정시, 각 수기 직후(HG 1분 및 CP 1분) 그리고 수기 완료후 2분(HG 3분 및 CP 3분)시에 각각 혈압, 심박수 및 Doppler 심초음파도를 이용한 승모판혈류속도(확장기초기 최대혈류속도, 즉 E파 및 심방수축기 최대혈류속도, 즉 A파)를 측정하였다.

결 과

양군에서 실험전후의 혈압은 다소 증가하는 경향이 있었으나 통계적 의의는 없었다. 좌심실비대군에서 심박수는 안정시($73 \pm 12 \text{ min}^{-1}$)에 비해 HG 1분과 CP 1분때(각각 $78 \pm 12 \text{ min}^{-1}$, $p < 0.001$ 및 $77 \pm 7 \text{ min}^{-1}$, $p < 0.05$) 유의한 증가가 있었다.

대조군의 승모판혈류속도는 실험전후 별 차이가 없었으나, 좌심실비대군에서 A파는 안정시($79.1 \pm 14.9 \text{ cm/sec}$)에 비해 HG 1분과 CP 1분때(각각 $85.2 \pm 18.4 \text{ cm/sec}$, $p < 0.05$ 및 $87.3 \pm 17.8 \text{ cm/sec}$, $p < 0.001$) 유의한 증가가 있었다.

결 론

이상으로 미루어 handgrip 및 cold pressor test가 대조군에서는 승모판혈류에 뚜렷한 변화를 일으키지 못하였으나 좌심실비대군에서는 A파의 상승을 초래하였다. 이는 handgrip 및 cold pressor test가 유발시킨 후부하의 증가 및 좌심실용압율의 감소로 인해 이차적으로 A파의 상승이 일어났을 것으로 추정된다.

References

- 1) Peterson AC, Goodgoid H, Labovitz AJ : *Comparison of pulsed Doppler echocardiography and radio-nuclide angiography in the assessment of left ventricular filling*. Am J Cardiol 161 : 446-454, 1988
- 2) Downes TR, Nomier AM, Smith KM, Stewart KP, Little WC : *Mechanism of altered pattern of left ve-*

ntricular filling with aging in subjects without cardiac disease. Am J Cardiol 64 : 523-527, 1989

- 3) Kuo LC, Quinones AM, Rokey R, Sartori M, Abinades EG, Zoghbi WA : *Quantification of atrial contribution to left ventricular filling by pulsed Doppler echocardiography and the effect of age in normal and diseased hearts*. Am J Cardiol 59 : 1174-1178, 1987
- 4) Ishida Y, Meisner JS, Tsusioka k, Gallo JI, Yoran C, Frater RWM, Yellin EL : *Left ventricular filling dynamics : influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure*. Circulation 74 : 187-196, 1986
- 5) Cheng CP, Constantinescu MS, Santamore WP, Little WC : *Importance of diastolic filling during active left ventricular relaxation in conscious dogs (abstr)*. Circulation 76(suppl II) : II-2155, 1987
- 6) Choong CT, Abascal VM, Thomas JD, Guerrero JL, McGlew S, Weyman AE : *Combined influence of ventricular loading and relaxation on the transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography*. Circulation 78 : 672-683, 1988
- 7) Courtois N, Vered Z, Barzilay B, Ricciotti NA, Perez JE, Ludbrook PA : *Transmitral pressure-flow velocity relation. Effect of abrupt preload reduction*. Circulation 78 : 661-671, 1988
- 8) Vandenberg BF, Rumberger JA, Kerber RE : *Influence of sublingual nitroglycerine on diastolic flow velocities in normal subjects*. Am J Cardiol 61 : 481-482, 1988
- 9) Stoddard MF, Person AC, Kern MJ, Ratcliff J, Mrosek DG, Labovitz AJ : *Influence of alteration in preload on the pattern of the left ventricular filling as assessed by Doppler echocardiography in humans*. Circulation 79 : 1226-1236, 1989
- 10) 박인수 · 김철민 · 전종석 · 김종상 · 최규보 · 홍순조 · 김진갑 · 김석동 : 성인형 당뇨병환자에서 Doppler 심초음파도를 이용한 좌심이완기 기능 장애의 조기평가. 순환기 20-2 : 174-184, 1990
- 11) Rockey R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quinones MA : *Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography*. Circulation 71 : 543, 1985
- 12) Spiro P, Barton BJ, Bonow RO : *Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function : com-*

- parative analysis of Doppler echocardiography and radionuclide angiographic technique. J Am Coll Cardiol* 8 : 1348, 1986
- 13) Friedman BJ, Crinkovic N, Miles H, Shil WJ, Maz-zoiene A, DeMaria AN : *Assessment of left ventricular diastolic function : comparison of Doppler and gated pool scintigraphy. J Am Coll Cardiol* 8 : 1348, 1986
 - 14) Kitabatake A, Inoue M, Assao M, Tanouchi J, Masuyama T, Abe H, Murita H, Senda S : Transluminar blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease : a study by pulsed Doppler technique. *Jpn Circ J* 46 : 92, 1982
 - 15) 조정 휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화 : 고혈압환자에서 Doppler 심초음파도를 이용한 좌심실 확장기능에 관한 연구. *순환기* 17 : 621, 1987
 - 16) 윤영근 · 박옥규 : 좌심실 확장기말 기능 평가지표로서 좌심실성 A파. *대한내과학회잡지* 28 : 467, 1985
 - 17) Fowler NO : *Cardiologic diagnosis and treatment*, 3rd edition, p83-84, Cincinnati, Harper and Row Publisher, 1980
 - 18) Harvey AM : *The principle and practice of medicine*, 23rd edition, p186-189, Baltimore, Appleton and Lange, 1988
 - 19) Braunwald E : *Heart disease, A textbook of cardiovascular medicine*, 3rd edition, p323-324, Philadelphia, W. B. Saunders company, 1988
 - 20) Weber KT, Janicki J : *Cardiopulmonary exercise testing, physiologic principles and clinical applications*, p32, Chicago, W. B. Saunders company, 1986
 - 21) Houdas Y, Ring EFJ : *Human body temperature, Its measurement and regulation*, p186, New York, Plenum Press, 1982
 - 22) Goldberg SJ : *Doppler echocardiography*, 2nd edition, p52, Philadelphia, Lea & Febiger, 1988
 - 23) Goldberg SJ : *Doppler echocardiography*, 2nd edition, p284-285, Philadelphia, Lea & Febiger, 1988