

대동맥 혈류속도 측정에 의한 후부하 상태의 평가

손 세 정* · 한 재 진**

=Abstract=

Assessment of Afterload by Doppler Aortic Flow Velocity Measurement

Se Jung Sohn, M.D.*, Jae Jin Han, M.D.**

Background: Afterload as well as myocardial contractility is an important factor for the adequacy of circulation after cardiac surgery. To noninvasively assess alterations in afterload, we evaluated the changes in aortic blood velocity waveform. **Material and Method:** Ascending aortic blood flow was measured by continuous wave Doppler echocardiography before and after afterload manipulation in eight open-chest dogs. Nitroprusside was administered singly and simultaneously with epinephrine in various combinations. Left atrial pressure as an index of preload was maintained by saline administration. **Result:** The infusion of nitroprusside produced dose-dependent decreases in blood pressure and index of systemic vascular resistance (ISVR) (all $p < 0.05$ vs baseline), which was associated with increases in peak velocity (PV), mean acceleration (MA) and minute distance, and with a decrease in acceleration time (all $p < 0.05$ vs baseline). ISVR obtained during nitroprusside infusion had a better correlation with both PV ($r = -0.60$, $p = 0.001$) and MA ($r = -0.52$, $p = 0.003$) than with velocity time integral (VTI) or the Doppler time intervals. The combined infusion of nitroprusside and epinephrine, unless ISVR was elevated, produced synergistic effects on PV, MA and VTI, but these Doppler indexes tended to diminish with an elevation in afterload. **Conclusion:** Doppler measurement of PV and MA in the ascending aorta may be used to noninvasively assess changes in afterload.

(Korean Thorac Cardiovasc Surg 2001;34:111-7)

key words : 1. Regional blood flow
2. Echocardiography, doppler
3. Afterload

*이화여자대학교 의과대학 소아과학교실

Department of Pediatrics, Ewha Womans University College of Medicine

**이화여자대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Ewha Womans University College of Medicine

†본 연구는 1999년도 서울의대 발전기금 연구비(과제번호 99-003)의 일부 지원에 의한 것임.

논문접수일 : 2000년 10월 13일 심사통과일 : 2000년 11월 28일

책임저자 : 손세정(158-710) 서울특별시 양천구 목동 911-1, 이화여자대학교 의과대학 목동병원 소아과. (Tel) 02-650-5579, (Fax) 02-653-3718

E-mail: sohn@mm.ewha.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

개심술 후 환자의 집중관리에 있어서 심근 수축력과 전신 저항의 상태는 적절한 심박출량을 유지하기 위한 매우 중요한 요인이다. 이를 위하여 통상적인 방법으로 말초동맥압, 중심정맥압, 좌심방압, 심박출계수 등의 혈액학 감시와 체온 및 소변량 등의 측정을 통하여 심장 기능의 적정성을 판단하고 있으며, 흔히 심근 수축력의 증가 및 후부하의 감소를 위해 수축촉진제와 혈관확장제를 병합투여하고 있다¹⁾. 그러나 이들 약제의 투여량을 결정하고 그 효과를 판정하는 데에는 여러가지 감시장치로도 어려운 경우가 있음을 실제 임상에서 경험하게 된다. 최근에 Doppler 심초음파를 이용한 대동맥 혈류속도의 측정이 심장 기능의 평가에 있어서 간편하면서^{2,9)}, 더욱이 관혈적인 혈액학 지표와도 밀접한 상관관계가 있음이 보고되면서부터^{8,12)} 심장질환을 가진 환자들의 평가^{4,7)} 및 여러가지 약물의 효과 판정에¹²⁻¹⁵⁾ 유용한 방법으로 널리 이용되고 있다. 그러나 좌심실 부하와 관련된 대동맥 혈류속도의 변화에 대한 연구는 관련자료가 많지 않은 실정이다. 따라서 저자들은 개에게 약물을 투여하여 전신저항의 변화를 유발한 후 이에 따르는 상행 대동맥 혈류파형의 변화를 살펴봄으로써, 이로부터 대동맥 혈류파형에 의해 전신저항의 상태를 평가할 수 있는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

체중 16~19 kg의 한국산 잡견 8마리를 대상으로 하였다. 동물의 관리 및 실험은 본 병원 동물실험실에 규정된 동물의 관리 및 실험 시행지침에 따라 인도적으로 시행되었다.

대상동물은 마취유도 전날 밤부터 금식하였다. Ketamine hydrochloride(20 mg/kg)를 근육주사하여 개가 진정되면 전지정맥에 정맥내 주사선을 확보하고 sodium pentobarbital(15 mg/kg)을 정맥내로 주입하여 마취유도를 하였다. 내경이 7.5~8 mm인 도관으로 기관내 삽관을 하고 vecuronium(0.1 mg/kg)을 정주한 후 인공기계호흡을 하였다. 기계호흡은 100% 산소로 일회 환기량 15~20 ml/kg, 호흡수 20~25/min로 하여 동맥혈 이산화탄소분압을 35~45 mmHg로 유지시켰다. 마취유지는 ketamine 5 mg/kg/hr의 지속정주로 하였고 간헐적으로 vecuronium(0.1 mg/kg)을 사용하였다. 동맥혈 가스분석과 동맥압의 측정을 위해 좌고동맥에 삽관을 하여 Baxter 압력변압기(Baxter Healthcare Co., Irvine, CA)에 연결하였다. 2.5 MHz의 탐촉자를 흉골상절흔에 놓고 상행 대동맥을 관찰하였으나 이면상을 얻기가 매우 힘들었으므로 흉골을 절개하여 실험하기로 결정하였다. 우심방압과 좌심방압의 측정을 위해 polyurethane two-lumen catheter(Arrow International Inc.,

Reading, PA)를 우심방과 좌심방에 각각 삽입하여 Baxter 압력변압기에 연결한 다음 우심방 중간지점이 기준 압력점이 되도록 변압기의 위치를 조절하였다. 다음에 우심방벽에 심박조율기의 도선을 연결하였다. 심박동수, 심전도, 동맥압 및 좌우심방압을 Hewlett Packard Viridia 24 C Monitor(Hewlett Packard, Andover, MA)를 이용하여 지속적으로 감시하였다.

대상동물에게 약물을 투여하기 전에 안정된 심장 수축 상태에서 기본적인 혈액학 측정과 이에 따른 Doppler 심초음파 검사를 시행한 후 먼저 nitroprusside를 1 μ g/kg/min의 속도로 주입한 다음 단계적으로 주입속도를 4, 8 μ g/kg/min로 늘렸다. 이 때 좌심방압을 일정하게 유지하기 위해 생리적 심염수를 주입하였다. 각 주입시마다 변화되는 혈액학 및 이에 따르는 Doppler 심초음파 측정을 반복하였다. 다음에 nitroprusside 1, 8 μ g/kg/min와 epinephrine 0.5, 1 μ g/kg/min을 4 조합으로 하여 두 약물을 동시에 주입한 후 각 주입시의 혈액학 및 Doppler 측정을 반복하였다. 모든 측정은 혈액학 상태가 적어도 10분동안 안정된 상태로 유지된 후에 시행하였다. 실험 과정에서 심박동수가 80/min 이하로 떨어진 경우는 혈액학적 안정을 위해 약물의 주입을 중단하고 임시 심박조율기를 이용하여 심박동수를 110/min으로 일시적으로 유지하였다.

혈액학적 측정과 더불어 Aspen 심초음파기계(Acuson Co., Mountain View, CA)를 이용하여 Doppler 심초음파 검사를 시행하였다. 5 MHz의 연속파형 Doppler 탐촉자를 흉골상절흔 바로 아래의 흉선 위치에서 대동맥에 직접 위치시킨 후 탐촉자 방향을 상행 대동맥의 혈류 방향과 평행되도록 조절하여 가장 크고 선명한 Doppler 혈류파형을 얻었다. 모든 Doppler 영상은 자료 분석을 위해 S-VHS 비디오테이프에 저장하였다. 실험이 끝난 후 KCl을 일시주사하여 대상동물을 안락사시켰다. Doppler 혈류파형으로부터 최고속도, 평균가속, 속도 시간적분, 가속시간, 박출시간 및 가속시간/박출시간의 비를 구하여 3~4개 혈류파형에서의 평균을 구하였다. 최고속도는 혈류파형의 정점에서의 속도, 평균가속은 최고속도에 도달하기까지의 혈류파형의 기울기, 속도시간적분은 혈류파형이 형성하는 면적, 가속시간은 혈류파형의 시작부터 최고속도까지의 시간, 박출시간은 혈류파형이 시작해서 끝날 때까지의 시간으로 각각 정의하였다.

심박출량의 실제치를 측정하기 위해서 열회석법이나 electromagnetic flowmeter를 이용할 수 있으나 본 실험에서는 측정의 절대치를 구하기 보다는 혈액학 상태가 변화되는 일반적인 경향을 보기 위하여 심박출량의 지표로서 [속도시간적분 \times 심박동수]인 분거리(minute distance)를 이용하였고, 전신저항은 [(평균 동맥압-평균 우심방압)/분거리]로 계산한 후 10,000을 곱하여 실제로 측정된 전신저항의 값과 산술적으로

동등하게 표현한 전신저항지표(index of systemic vascular resistance, ISVR)를 이용하였다.

통계처리로서, 결과는 평균±표준평균오차(mean±SEM)로 표시하였고 각 혈액학 상태의 차이는 one-way repeated measures analysis of variance(ANOVA)로 분석하였고, linear regression analysis를 이용하여 ISVR와 각 Doppler 지표와의 상관관계를 구하였으며 $p < 0.05$ 를 유의수준으로 정하였다.

결 과

1. 기준치

Nitroprusside를 주입하기 전에 평균 동맥압은 123 ± 5 mmHg, 평균 좌심방압은 10 ± 0.3 mmHg, 심박동수는 121 ± 10 /min, ISVR은 1236 ± 89 , 분거리는 985 ± 103 cm/min이었고, 최고속도는 65 ± 3.5 cm/s, 평균가속은 1287 ± 96 cm/s², 속도시간적분은 7.9 ± 0.3 cm, 가속시간은 50 ± 2 ms, 박출시간은 198 ± 7 ms, 가속시간/박출시간의 비는 0.25 ± 0.01 였다.

2. Nitroprusside 주입

Nitroprusside의 투여량에 따라 평균 동맥압과 ISVR은 반비례로 감소하여 주입속도가 $8 \mu\text{g/kg/min}$ 일 때 평균 동맥압은 78 ± 7 mmHg($p < 0.05$), ISVR은 709 ± 60 ($p < 0.05$)으로 기준치보다 의미있게 낮았으며, 평균 좌심방압은 9.3 ± 0.3 mmHg로 변하지 않았으나 심박동수는 135 ± 9 /min, 분거리는 1167 ± 48 cm/min($p < 0.05$)로 증가하였다. 이러한 후부하의 감소로 대동맥 혈류파형의 Doppler 지표는 기준치에 비해서 의미있게 변하였는데 주입속도가 $8 \mu\text{g/kg/min}$ 일 때의 최고속도는 87.2 ± 5.5 cm/s, 평균가속은 2271 ± 143 cm/s²($p < 0.05$)로 증가했으며, 가속시간은 40 ± 2 ms($p < 0.05$)로 감소하였다. 속도시간적분은 9.0 ± 0.5 cm로 증가경향을, 박출시간은 176 ± 8 ms로 감소경향을 보였으며, 가속시간/박출시간의 비는 0.24 ± 0.01 로 변화가 없었다(Fig. 1). ISVR과 각각의 Doppler 지표와의 상관관계를 조사한 결과 ISVR은 최고속도($r=0.6$) 및 평균가속($r=0.52$)과 반비례의 관계가 있었고(Fig. 2), 속도시간적분이나 가속시간 또는 박출시간과는 연관이 없었다.

3. Nitroprusside와 epinephrine의 병합투여

Nitroprusside $1 \mu\text{g/kg/min}$ 와 epinephrine $0.5 \mu\text{g/kg/min}$ 의 병합투여시 최고속도, 평균가속, 속도시간적분 및 분거리는 각각 90.0 ± 6.7 cm/s, 2099 ± 247 cm/s², 11.4 ± 1.4 cm와 1355 ± 195 cm/min로서 nitroprusside $1 \mu\text{g/kg/min}$ 의 단독투여시 최고속도, 평균가속, 속도시간적분 및 분거리인 73.7 ± 6.9 cm/sec, 1541 ± 141 cm/sec², 8.7 ± 0.6 cm 및 1070 ± 99 cm/min보다 기준치로부터 더 크게 증가하여($p < 0.05$) 두 약물의 상승효과를 나타냈으

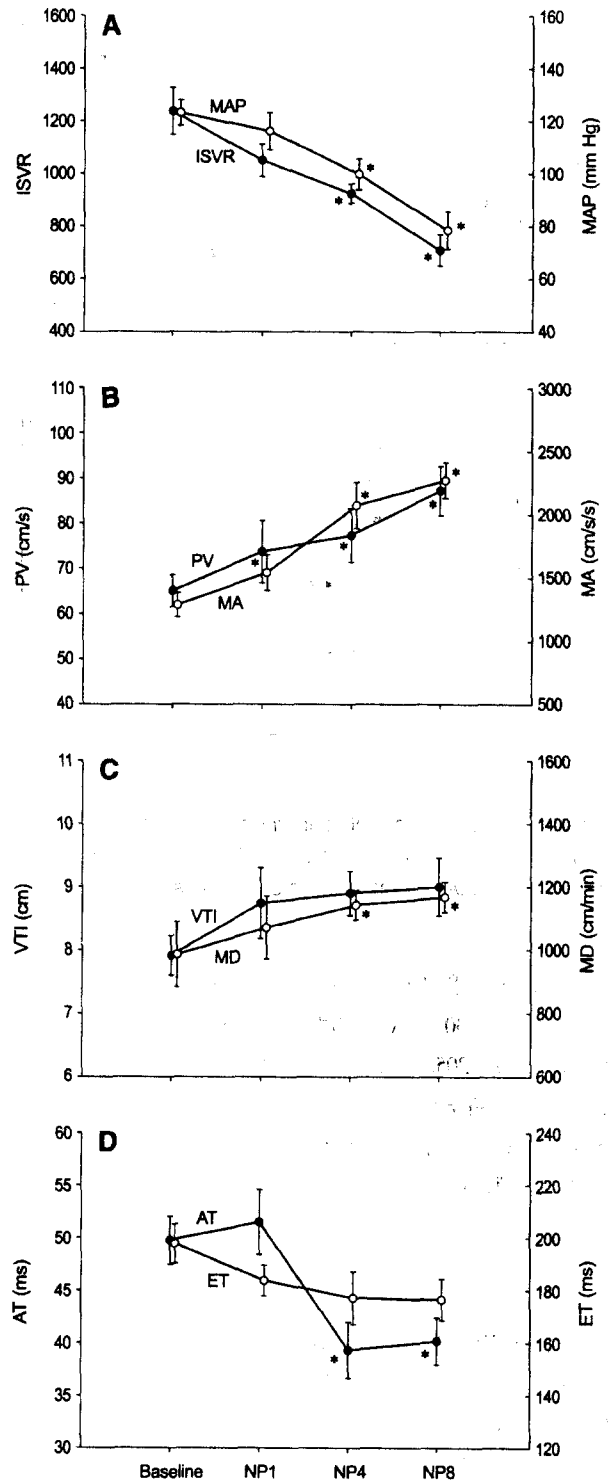


Fig. 1. Graphs showing changes in index of systemic vascular resistance(ISVR), mean arterial pressure(MAP), peak velocity(PV), mean acceleration(MA), velocity time integral (VTI), minute distance(MD), acceleration time(AT) and ejection time(ET), before (Baseline) and after nitroprusside infusion at 1 (NP1), 4 (NP4) and $8 \mu\text{g/kg/min}$ (NP8). Data are mean±SEM. * $p < 0.05$ vs Baseline.

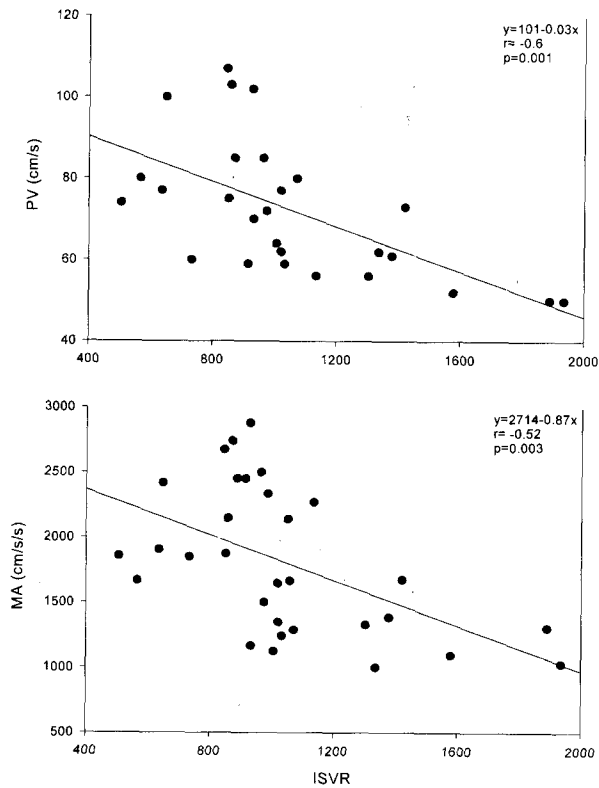


Fig. 2. Relationship between index of systemic vascular resistance(ISVR) and peak velocity(PV) and mean acceleration(MA) during nitroprusside infusion.

나, epinephrine을 $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 로 증가하여 병합투여한 경우는 평균 동맥압(130 ± 4 vs 153 ± 7 mmHg, $p < 0.05$)과 ISVR(953 ± 119 vs 1317 ± 205 , $p < 0.05$)이 증가하여 오히려 Doppler 지표들은 감소하였다(Fig. 3). 이런 경향은 nitroprusside $8 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 를 epinephrine 0.5 , $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 와 병합투여한 경우에도 비슷하게 나타났다(Fig. 4).

고 찰

Doppler 심에코도를 이용한 상행 대동맥에서의 혈류속도의 측정은 심박출량을 비관혈적으로 측정하는데 이용될 뿐만 아니라^{16,17)} 최근의 여러 동물실험 및 임상연구의 결과^{4-7, 12-15)} 심장 기능의 평가에도 유용하게 이용될 수 있음이 밝혀졌다. 이에 따라 여러가지 Doppler 지표 중에서 최고속도나 최대가속 또는 평균가속이 심부전⁵⁾, 심근증⁶⁾ 및 관상동맥 질환과⁷⁾ 관련된 심장 기능의 평가나 여러가지 약물의 효과 판정에 유용하게 이용되고 있다¹²⁻¹⁵⁾. 그러나 후부하, 즉 전신저항이 대동맥의 최고속도와 가속에 대해 미치는 영향에 대한 연구는 많지 않으며, 또한 연구자마다 이론이 있어왔다^{9,12-14)}. 저자들은 개심술 후 집중치료에 흔히 사용되는 nitroprusside와

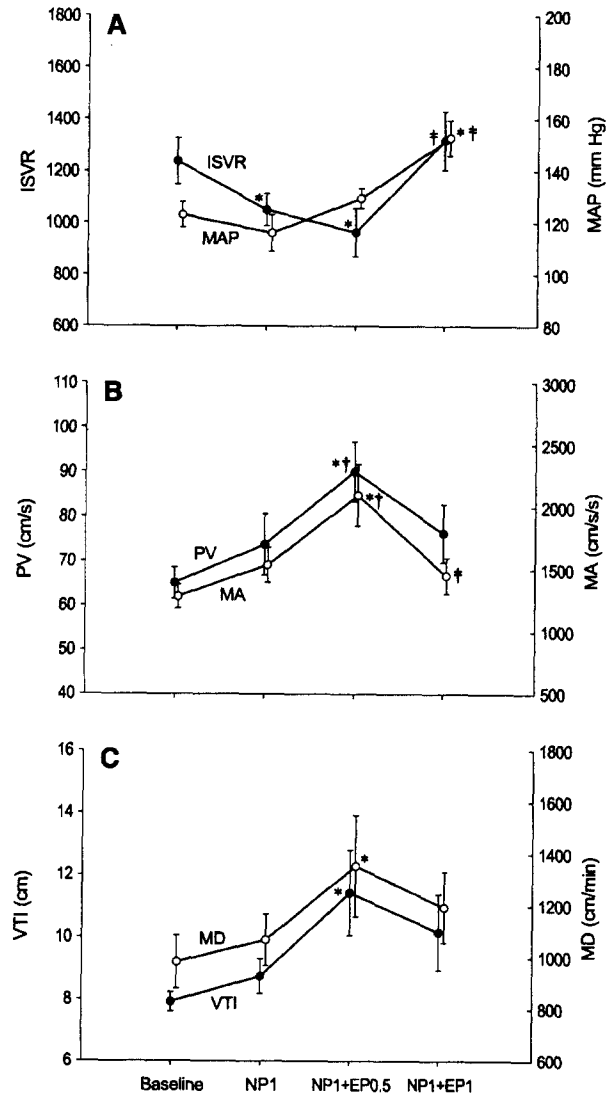


Fig. 3. Graphs showing changes in index of systemic vascular resistance(ISVR), mean arterial pressure(MAP), peak velocity(PV), mean acceleration(MA), velocity time integral(VTI), minute distance(MD), in the baseline, during nitroprusside infusion at $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ (NP1), and during combined infusion of nitroprusside and epinephrine at 0.5 (NP1+EP0.5) and $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ (NP1+EP1). Data are mean \pm SEM. * $p < 0.05$ vs Baseline, † $p < 0.05$ (NP1 vs NP1+EP0.5), ‡ $p < 0.05$ (NP1+EP0.5 vs NP1+EP1).

epinephrine을 이용하여 후부하의 변화를 유도한 후 그에 따른 Doppler 혈류파형의 변화를 관찰하였다. 전신저항의 감소로 최고속도와 평균가속 및 분거리(심박출량)는 증가하고 가속시간은 감소하였다. 또한 후부하의 감소와 심근 수축력의 증가가 동시에 일어난 경우에는 두 효과의 상승작용으로 후부하 감소만 일어난 경우에 비해서 최고속도, 평균가속 및 속도시간적분(일회심박출량)이 더 크게 증가했지만, 고용량

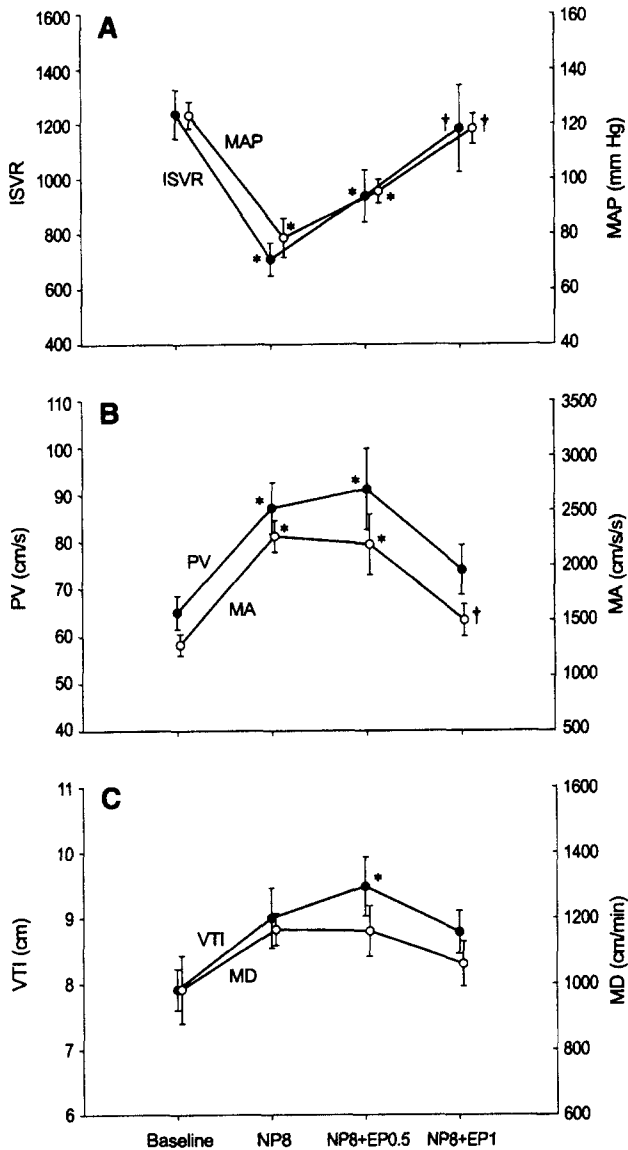


Fig. 4. Graphs showing changes in index of systemic vascular resistance(ISVR), mean arterial pressure(MAP), peak velocity(PV), mean acceleration(MA), velocity time integral(VTI), minute distance(MD), in the baseline, during nitroprusside infusion at 8 μ g/kg/min(NP8), and during combined infusion of nitroprusside and epinephrine at 0.5(NP8+EP0.5) and 1 μ g/kg/min(NP8+EP1). Data are mean \pm SEM. * $p < 0.05$ vs Baseline, † $p < 0.05$ (NP8+EP0.5 vs NP8+EP1).

의 epinephrine(1 μ g/kg/min)에서는 α -adrenergic 효과로 인하여 전신저항이 증가됨으로써 오히려 이 Doppler 지표들은 감소하였다. 이러한 Doppler 지표 중에서 최고속도와 평균가속이 속도시간적분이나 가속시간 등보다 전신저항의 변화를 더 잘 반영하는 것으로 평가하였는데 그 이유는 이 두 지표가 각 혈액학 상태의 차이를 뚜렷이 반영했으며 또한 ISVR과의 상

관계수가 상대적으로 높았기 때문이다.

최고속도와 평균가속은 심근 수축력뿐만 아니라 전신저항의 상태에 의해서도 영향을 받는다. 즉, 최고속도와 평균가속의 형성에는 심근 수축력이나 전신저항이라는 요인이 존재한다. 따라서, Doppler 심에코도를 이용하여 속도와 가속의 변화를 연속적으로 측정함으로써 각 검사간의 심근 수축력이나 전신저항의 차이를 발견할 수 있으리라 생각되며 임상적으로도 이러한 측정은 수술 후 발생하는 저심박출이나 만성 심부전의 치료에 사용되는 약물의 효과 판정에도 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

본 동물실험은 다른 연구자의 보고와 비슷한 결과를 보여 주고 있다. Bedotto 등¹³⁾은 관상동맥 질환을 가진 10명의 임상실험에서 후부하의 감소로 대동맥 최고속도, 평균가속 및 속도시간적분이 증가함을 보고하였고, Harrison 등¹⁴⁾은 정상인에서 후부하를 증가시킴으로써 대동맥 최고속도 및 최대가속이 감소함을 보고하였다. 또한, Wallmeyer 등⁸⁾은 개를 이용한 동물실험에서 다양한 전부하, 심박동수 및 심근 수축상태에서 좌심실 기능의 평가에 최고속도와 평균가속의 측정이 유용하다고 보고하였다.

Doppler 지표 중에서 가속시간이나 박출시간의 유용성에 관해서는 연구가 많지 않다. 심근 수축력이 증가할 때 가속시간이나 박출시간이 감소한다는 동물실험의 결과는 있지만^{8, 18)} 후부하와 박출시간과의 관계는 연구자마다 결과가 다르다. 본 실험에서 박출시간은 통계적 의의는 없으나 후부하와 비례하는 경향을 보였다. Singer 등¹⁵⁾은 여러가지 다양한 혈관수축제-심근수축제를 사용한 5명의 정상인에서 심박동수로 교정된 교정박출시간이 후부하와 반비례의 관계에 있음을 보고하였으나, Elkayam 등¹²⁾은 13명의 심질환을 가진 환자에서 혈관확장제를 사용한 결과 박출시간이나 교정박출시간 모두 후부하와 연관성이 없음을 보고하였다. 이러한 결과의 차이는 후부하의 변화를 유도하기 위해 사용한 약물의 차이에 따른 것으로 생각되며 따라서 이들의 관계는 더 연구가 필요할 것으로 생각된다. 더욱이 심박동수는 가속시간이나 박출시간에 영향을 줄 뿐만 아니라 다른 Doppler 지표에도 영향을 미치므로¹⁹⁾ 앞으로 심박동수를 교정한 Doppler 지표에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

좌심실에 미치는 부하와 심근 수축력은 항상 상호작용을 한다. 예를 들어 혈압이 떨어지면 압수용체(baroreceptor)가 보상적으로 작용하여 심박동수와 심근 수축력이 증가한다. Doppler 지표들은 이러한 보상효과에 영향을 받기 때문에 따라서 어떠한 Doppler 지표도 혈액학 변화의 요인을 정확히 반영하지는 못하지만 그럼에도 불구하고 하나의 혈액학 변화는 대동맥 혈류파형을 일정하게 변화시킨다¹⁵⁾. 이러한 Doppler 지표들은 혈액학 상태를 절대치로 평가하는 데에는

기존의 관혈적인 지표보다 더 좋다고는 할 수 없으나⁸⁾, Doppler 검사법의 장점은 동일한 개체내에서 반복검사가 가능하며 이로부터 혈역학의 변화를 감지해 낼 수 있다는 점이다.

본 연구의 단점으로는 먼저 심박동수 변화 자체에 따른 Doppler 지표의 변화를 고려하지 않은 점이다. 심박동수의 변화도 결국은 후부하 변화에 따르는 전신적 보상작용의 결과로 나타난 것이므로 후부하 효과의 일부분으로 생각하였다. 또한 측정의 전과정에서 대동맥 직경이 일정하다는 가정을 하였다. 좌심실 기능의 평가에 예민한 지표로 알려진 최대가속^{2,3-5,7,11)} 대신에 평균가속을 측정함으로써 전신저항과의 상관관계가 최고속도보다 낮았을 가능성이 있다. 기술적인 문제점으로 측정의 오차를 들 수 있는데 저자들의 최고속도, 박출시간 및 속도시간적분의 검사자내 변이도(intraobserver variability) 및 검사자간 변이도(interobserver variability)는 3~7%로 낮았고, 가속시간은 9~13%로 비교적 높았으나 변화된 측정치는 모두 이 측정변이 범주를 벗어났으므로 혈역학적 변화에 기인된 것으로 판단하였고, 또한 각 혈역학 상태에서 Doppler 지표값의 중복이 있었는데 이것은 각 동물간의 약물에 대한 반응의 차이에 기인된 것으로 추정된다. 마지막으로 대상동물의 수가 적어 혈역학 변화에 대한 Doppler 지표의 반영도에 영향을 미쳤을 가능성도 있다.

결 론

대동맥 혈류파형에 의해 전신저항의 상태를 비관혈적으로 평가할 수 있는지 알아보고자 개흉한 8마리의 잡견에서 연속 파형 Doppler 심초음파를 이용하여 nitroprusside 단독 또는 epinephrine과의 병합투여 전후로 상행 대동맥 혈류를 측정하고, 상행 대동맥 혈류파형의 최고속도와 평균가속은 속도 시간적분이나 Doppler 시간간격 지표보다 후부하의 변화에 더 민감하며, 심근 수축력의 변화가 없는 한 후부하와 반비례의 관계를 보였다. 실제 임상에서는 관혈적인 감시장치가 없거나 이의 사용이 부적절할 때 Doppler를 이용하여 대동맥의 혈류 속도와 가속을 연속적으로 측정함으로써 전신저항의 변화를 비관혈적으로 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Benzing G, Helmsworth JA, Schreiber JT, Kaplan S. Nitroprusside and epinephrine for treatment of low output in children after open heart surgery. *Ann Thorac Surg* 1979;27:523-8.
2. Bennett ED, Barclay SA, Davis AL, Mannering D, Mehta N. Ascending aortic blood velocity and acceleration using

- Doppler ultrasound in the assessment of left ventricular function.* *Cardiovasc Res* 1984;18:632-8.
3. DuBourg O, Jondeau G, Beauchet A, Hardy A, Bourdarias JP. Doppler-derived aortic maximal acceleration. A reliable index of left ventricular systolic function. *Chest* 1993;103:1064-7.
4. Sabbah HN, Khaja F, Brymer JF, et al. Noninvasive evaluation of left ventricular performance based on peak aortic blood acceleration measured with a continuous-wave Doppler velocity meter. *Circulation* 1986;74:323-9.
5. Sabbah HN, Gheorghide M, Smith ST, Frank DM, Stein PD. Serial evaluation of left ventricular function in congestive heart failure by measurement of peak aortic blood acceleration. *Am J Cardiol* 1988;61:367-70.
6. Gardin JM, Iseri LT, Elkayam U, et al. Evaluation of dilated cardiomyopathy by pulsed Doppler echocardiography. *Am Heart J* 1983;106:1057-65.
7. Mehta N, Bennett DE. Impaired left ventricular function in acute myocardial infarction assessed by Doppler measurement of ascending aortic blood velocity and maximum acceleration. *Am J Cardiol* 1986;57:1052-8.
8. Wallmeyer K, Wann LS, Sagar KB, Kalbfleisch J, Klopfenstein HS. The influence of preload and heart rate on Doppler echocardiographic indexes of left ventricular performance: comparison with invasive indexes in an experimental preparation. *Circulation* 1986;74:181-6.
9. Wallmeyer K, Wann LS, Sagar KB, Czakanski P, Kalbfleisch J, Klopfenstein HS. The effect of changes in afterload on Doppler echocardiographic indexes of left ventricular performance. *J Am Soc Echocardiogr* 1988;1:135-40.
10. Colocousis JS, Huntsman LL, Curreri PW. Estimation of stroke volume changes by ultrasonic Doppler. *Circulation* 1977;56:914-7.
11. Sagar KB, Wann LS, Boerboom LE, Kalbfleisch J, Rhyne TL, Olinger GN. Comparison of peak and modal aortic blood flow velocities with invasive measures of left ventricular performance. *J Am Soc Echocardiogr* 1988;1:194-200.
12. Elkayam U, Gardin JM, Berkely R, Hughes CA, Henry WL. The use of Doppler flow measurement to assess the hemodynamic response to vasodilators in patients with heart failure. *Circulation* 1983;67:377-83.
13. Bedotto JB, Eichhorn EJ, Grayburn PA. Effects of left ventricular preload and afterload on ascending aortic blood velocity and acceleration in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1989;64:856-9.
14. Harrison MR, Clifton D, Berk MR, DeMaria AN. Effect of blood pressure and afterload on Doppler echocardiographic measurements of left ventricular systolic function in normal subjects. *Am J Cardiol* 1989;64:905-8.
15. Singer M, Allen MJ, Webb AR, Bennett ED. Effects of alterations in left ventricular filling, contractility, and systemic vascular resistance on the ascending aortic blood velocity waveform of normal subjects. *Crit Care Med*

1991;19:1138-45.

16. Haites NE, McLennan FM, Mowat DHR, Rawles JM. Assessment of cardiac output by the Doppler ultrasound technique alone. *Br Heart J* 1985;53:123-9.

17. 손세정, 홍창의. Pulsed Doppler 심에코도에 의한 폐쇄 혈류량비의 측정 및 폐동맥 압력의 추정에 관한 연구. *순환기* 1987;17:673-87.

18. McEntee K, Clercx C, Amory H, et al. Doppler echocardiographic study of left and right ventricular function during dobutamine stress testing in conscious healthy dogs. *Am J Vet Res* 1999;60:865-71.

19. Harrison MR, Clifton D, Sublett KL, DeMaria AN. Effect of heart rate on Doppler indexes of systolic function in humans. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:929-35.

=국문초록=

배경: 심근 수축력과 더불어 전신저항은 개심술 후 적절한 심박출량을 유지하기 위한 매우 중요한 요인이다. 후부하의 변화를 비관혈적으로 평가할 수 있는지 알아 보고자 대동맥 혈류파형의 변화를 관찰하였다. **대상 및 방법:** 개흉한 8마리의 잡견에서 연속파형 Doppler 심초음파를 이용하여 nitroprusside 단독 또는 epinephrine 과의 병합투여 전후로 상행 대동맥 혈류를 측정하였다. **결과:** Nitroprusside의 투여로 동맥압과 전신저항은 약물의 투여량에 비례하여 감소함으로써($p < 0.05$ vs 기준치), 대동맥 혈류파형의 최고속도, 평균가속 및 분거리(속도시간적분 \times 심박동수)는 증가하였고, 가속시간은 짧아졌으며($p < 0.05$ vs 기준치), 가속시간/박출시간의 비는 변화가 없었다. Nitroprusside 투여로 인한 전신저항의 변화는 속도시간적분이나 Doppler 시간간격 지표보다는 최고속도($r = -0.60$, $p = 0.001$)와 평균가속($r = -0.52$, $p = 0.003$)과 상관관계가 있었다. Epinephrine과의 병합투여로 전신저항이 증가하지 않는 한 nitroprusside 단독투여에 비해서 최고속도, 평균가속 및 속도시간적분이 더 크게 증가했으나, 전신저항이 증가되면 이 Doppler 지표들은 감소하는 경향을 보였다. **결론:** Doppler 심초음파를 이용하여 상행 대동맥 혈류파형의 최고속도와 평균가속을 연속적으로 측정함으로써 후부하의 변화를 비관혈적으로 평가할 수 있으리라 생각된다.

- 중심 단어:** 1. 후부하
2. 혈류속도
3. 초음파