

## Enflurane이 비침습 혈압 측정에 동반되는 말초 정맥압 변화에 미치는 영향

울산대학교 의과대학 마취과학교실, <sup>1</sup>연세대학교 의과대학 생리학교실

심지연 · 최 윤 · 임중우<sup>1</sup> · 정현석 · 양홍석 · 이동명

### = Abstract =

#### Enflurane Anesthesia Augments the Peripheral Venous Pressure Changes during Non-invasive Blood Pressure Measurement

Ji Yeon Sim, M.D., Yoon Choi, M.D., Joong Woo Leem, Ph.D.<sup>1</sup>  
Heon Seok Jung, M.D., Hong Seuk Yang, M.D.  
and Dong Myung Lee, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, University of Ulsan

<sup>1</sup>Department of Physiology, College of Medicine, Yonsei University

**Background:** Venous regurgitation into the infusion line and subsequent occlusion frequently occurs during blood pressure (BP) measurement. The purpose of this study was to obtain the pattern and the actual range of peripheral venous pressure (PVP) change during NIBP measurement before and during enflurane anesthesia.

**Methods:** Adult size NIBP cuff was placed on the same arm on which IV infusion set was placed. PVP waveforms during BP measurement were recorded from 6 subjects. PVPs were measured before induction and at 30 min after induction of enflurane anesthesia (n=19). As the PVP waveform during NIBP measurement was biphasic in shape, values of baseline PVP (BEFORE), first peak (PEAK1), notch between two peaks (NOTCH), second peak (PEAK2) were measured. Timed control data were obtained from six volunteers.

**Results:** PEAK2 was always higher than PEAK1. Range of peak PVP was 12 ~ 130 mmHg ( $57.6 \pm 2.5$  mmHg, mean  $\pm$  S.E.) and PVP change was augmented during enflurane anesthesia ( $p < 0.05$ ). Enflurane anesthesia accentuated correlation between mean arterial pressure and PVP.

**Conclusion:** Our observation showed that peak PVP occurred during deflation phase and its range of variation was substantial. Changes in the pattern and the autoregulation of PVP by enflurane needs further investigation. (Korean J Anesthesiol 1999; 36: 119 ~ 125)

**Key Words:** Blood pressure; venous; peripheral. Measurement; non-invasive blood pressure monitoring.

### 서 론

비침습 혈압측정 커프는 반대편 팔에 수술을 하

거나 여러 개의 정맥로의 확보가 필요한 경우에 정맥주입로와 같은 쪽 팔에 감기게 되는데, 이러한 경우에 혈압측정을 위한 커프 팽창시 정맥관으로 혈액이 역류되어 혈액응고가 일어나고 결국 정맥주입로가 막힐 수도 있을 뿐 아니라, 수액의 역류로 인하여 view port(pilot port)가 수액으로 채워져 수액제제가 제대로 들어가고 있는지 알아보기 힘들게 되는 경우가 많다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여

논문접수일 : 1998년 8월 19일

책임저자 : 최 윤, 서울시 송파구 풍납동 388-1

울산대학교 의과대학 마취과학교실

우편번호: 138-736, Tel: 224-3868, Fax: 470-1363

수액병을 높이 올리거나 수액주입로의 일부를 압박 대 사이에 끼우는 등의 방법을 사용하여 왔으나 일관된 효과를 얻지는 못하고 있다. 더욱이, 흡입마취는 말초혈류를 변화시키기 때문에,<sup>1)</sup> 그에 따른 말초정맥압의 변화도 예상된다. 이에 저자는 enflurane 마취는 비침습적 혈압 측정동안에 말초정맥압의 변화 폭을 증가시킨다는 가설 하에 이 가설을 증명하기 위하여 본 연구를 시행하였고, 이와 더불어 흡입마취 전후 말초정맥압의 변화 양상을 알아보고자 하였다.

### 대상 및 방법

본 실험은 계획 수술이 예정되고 미국 마취과 학회 신체 등급상 1 및 2에 속하는 정형외과와 부인과 수술환자 25명을 대상으로 하였다. 모든 환자는 수술전 방문시 본 연구에 대한 설명 후 동의를 구하였다. 여섯 명의 환자를 이용하여 비침습 혈압 측정 동안 말초정맥압 파형 변화를 알아보았고, 단순한 시간 경과에 따른 말초정맥압의 변화를 알아보기 위하여 6명의 자원자를 포함시켰다. 실험군과 자원자 군간에 통계학적인 차이는 없었다(Table 1).

#### 1) 비침습 혈압 측정 동안 말초정맥압 파형의 변화

이 실험은 6명의 환자를 대상으로 하였다. 피실험자가 수술장에 도착 후 앙와위 상태에서 팔을 90° 회전하도록 하였다. 정맥 카테테르(18~20 gauge)를 손목 정맥에 삽입하고, 같은 팔에 성인용 혈압측정용 압박대(넓이 12 cm)를 감은 후, 일회용 혈압 변환기(Baxter, U.S.A.)를 전박에 삽입된 정맥로에 3방향조리개로 연결하였다. 혈압변환기는 각 측정 때마다 수은 혈압계를 이용하여 교정하였고, 말초정맥

압 측정을 위하여는 혈압측정전에 3방향조리개를 이용하여 정맥 주입이 멈췄으며, 말초정맥로를 혈압 변환기에 연결하였다. 매회 혈압측정시 압박대는 이전 수축기 혈압보다 40 mmHg 이상 더 높게 팽창시켰고 1회 측정시 20~35초가 소요되었다. 말초정맥압 이외에 각 측정시의 혈압, 심박동수 등을 cardio-cap II monitor(Datex®, Finland)로 측정하였다(Fig. 1).

말초정맥압의 파형을 얻기 위해서 Datex monitor의 후면에 위치한 출력단자중 압력에 대한 아날로그 출력단자를 A/D 변환기(Advantek®, Taiwan)에 연결시켰다. Data는 10 Hz로 샘플한 후 기록하였다. 측정 전 압력계 monitor와 A/D 변환기는 수은 혈압계를 이용하여 교정하였다. 환자는 thiopental 4~5 mg, vecuronium bromide 0.1 mg/kg로 마취유도 하였고, 기관내 삽관후 1~2% enflurane과 50% nitrous oxide로 마취를 유지하였으며 수술에 적절한 근이완이 유지되도록 vecuronium bromide를 간헐적으로 추가하였다. 호흡은 호기말 이산화탄소 분압이 30~40 mmHg가 되도록 조절하였고(일회환기량, 8~10 ml/kg; 호흡수, 10~12/min), 수술중에는 lactated Ringer's 용액을 5~7 ml/kg/hr로 주입하였다. 말초정맥압은 마취유도전 10분, 5분과 유도후 30분에 각각 측정하였다. 유도전 10분 값은 피실험자가 적응하도록 하기 위해서 측정하였고, 유도전 5분 값만을 기초자료로 사용하였다.

#### 2) 비침습 혈압 측정동안에 말초정맥압의 변화

이 실험은 19명을 대상으로 하였다. 실험 1에서 말초정맥내 파동변화를 관찰한 결과 'M' 모양의 두 개의 피크(peak)를 가졌음을 알 수 있었으므로, 혈압측정전(BEFORE), 제 1피크(PEAK1), 두 피크 사

Table 1. Demographic Data

	Patients	Normal
Number	19	6
Age(yrs)	38.1 ± 14.08(17~64)	31.3 ± 4.76(27~40)
Sex(M/F)	7/12	3/3

Data were presented as mean ± S.D.(range).

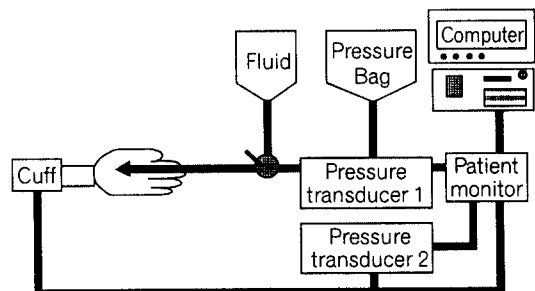
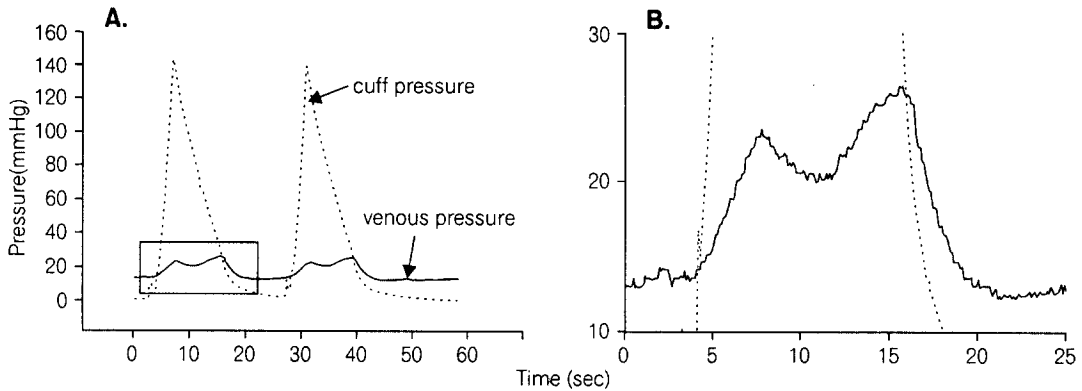


Fig. 1. Schematic illustration of experimental setting.



**Fig. 2.** Typical peripheral venous pressure change during NIBP monitoring. Gross change in the two traces of venous pressure and cuff pressure waveform is shown. (A) Boxed area in Figure A. was magnified. Note that venous pressure change is biphasic during NIBP measurement. (B) Second peak was higher than the first peak with a notched area in between.

**Table 2.** Change NIBP in Blood Pressure, Heart Rate, Peripheral Venous Pressures during Enflurane Anesthesia

	Pre-Induction		Post-Induction 30 min	
	Normal timed control (n=6)	Patients (n=19)	Normal timed control	Patients
Sys	114.2 ± 3.9	130.4 ± 3.7*	113.7 ± 2.7	119.8 ± 4.6
Mean	71.5 ± 3.1	95.6 ± 3.5*	79.0 ± 2.3	93.3 ± 4.0
Dia	81.7 ± 2.6	80.5 ± 3.3	67.0 ± 2.7	82.6 ± 4.0*
HR	76.5 ± 4.4	80.6 ± 2.9	75.0 ± 3.0	78.8 ± 3.1
BEFORE	11.8 ± 0.5	11.9 ± 1.0	11.7 ± 1.4	17.4 ± 1.2*†
PEAK1	20.5 ± 1.4	19.4 ± 1.4	19.7 ± 1.4	50.7 ± 5.4*†
NOTCH	22.0 ± 1.4	19.2 ± 1.4	20.3 ± 1.4	43.3 ± 3.5*†
PEAK2	40.8 ± 3.9	32.9 ± 2.9	34.5 ± 2.6	70.4 ± 5.4*†
AFTER	12.5 ± 0.6	12.0 ± 1.0	11.8 ± 0.4	17.5 ± 1.2*†

Data were presented as mean ± S.E.

Sys: Systolic blood pressure. Dia: Diastolic blood pressure. Mean: Mean blood pressure. HR: Heart rate. BEFORE: Mean stationary venous pressure before inflation of NIBP cuff. PEAK1: First peak of venous pressure. NOTCH: Notch of venous pressure between PEAK1 and PEAK2. PEAK2: Second peak of venous pressure. AFTER: Mean stationary venous pressure after deflation of NIBP cuff.

\*:  $p < 0.05$  compared with timed control. (unpaired t-test)

†:  $p < 0.05$  compared with pre-induction value. (paired t-test)

이의 함몰부(NOTCH), 제 2피크(PEAK2) 값을 정해진 시간에 측정하였다. Enflurane의 영향을 관찰하기 위해서 마취유도 전과 마취유도 후 30분에 파형의 측정값을 구하였고, 같은 시기에 수축, 이완, 평균 혈압과 박동수도 측정하였다. 반복 측정과 시간에 따른 정맥압의 변화 가능성을 배제하기 위해서 마취

를 하지 않은 6명의 정상인에 대해 같은 과정을 되풀이 하였다(normal timed control).

결과는 평균±표준편차로 표시하였고, 그룹간의 차이는 unpaired 또는 paired t-test로 비교하였고, 평균 동맥압과 말초정맥압 사이의 관계를 평가하기 위해서 선형 회귀분석법을 사용했다( $p < 0.05$ ). 모든

통계분석은 SAS(SAS Institute, U.S.A.)를 사용하였다.

## 결 과

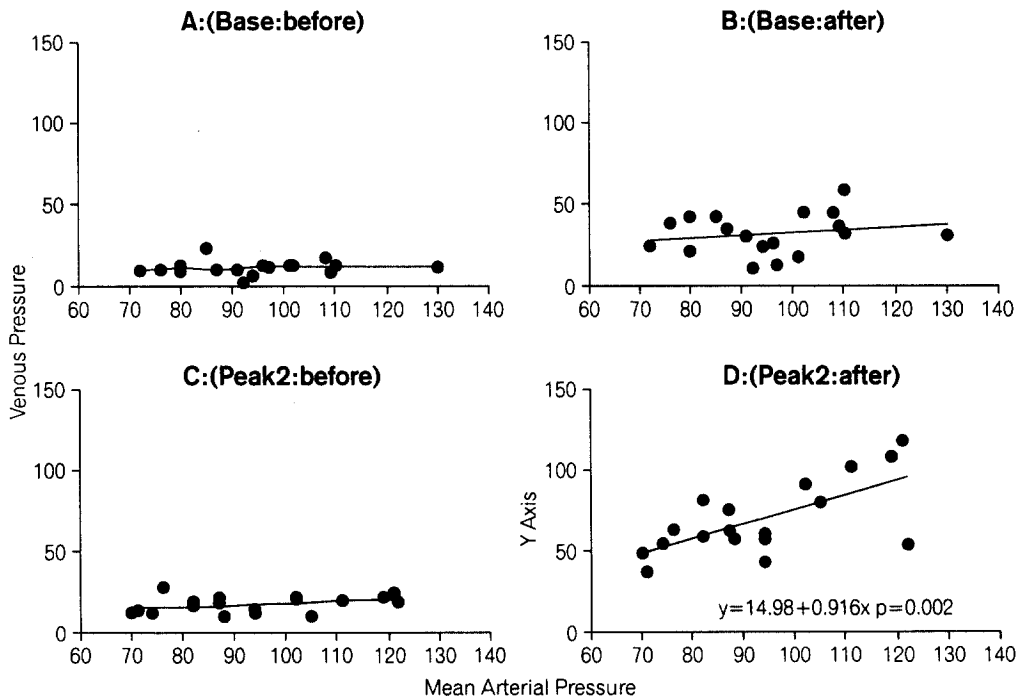
### 1) 말초정맥압 파형의 변화

관찰된 파형은 일반적으로 두개의 피크를 가진 'M' 모양의 형태로 나타났다. PEAK1은 혈압 커프가 팽창하는 동안에 나타났고, PEAK2는 혈압 커프의 압력이 감소되는 시기에 나타났다. PEAK2는 PEAK1보다 항상 더 높았고, 두 PEAK 사이에는 압력의 감소가 관찰되는 NOTCH가 있었다(Fig. 2). 간혹 NOTCH가 나타나지 않으면서 PEAK1과 PEAK2 사이가 일직선으로 느리게 변하는 경우도 종종 관찰되었다.

### 2) 말초정맥압의 변화

말초 정맥압의 변화 범위는 12~130 mmHg 사이

였다. 마취유도 전에 측정된 수축기와 평균 동맥압은 정상대조군 보다 환자군에서 유의하게 더 높았다. 이는 수술전 환자들의 긴장도를 반영한다. 그러나, 말초정맥압은 두군에서 별다른 차이점이 없었다. 이완기 혈압 외에 마취전과 마취후 30분에 측정된 심혈관계의 변수에서는 별다른 차이가 없었다. Enflurane 마취시에는 정맥압과 관련된 모든 변수는 마취전에 비해 유의하게 증가하였다. 그러나 이러한 증가는 normal timed control에서는 나타나지 않았다. 이는 enflurane 마취시 관찰된 말초정맥압의 증가가 단순히 시간이 경과함에 따른 반복측정에 따른 변화가 아님을 알 수 있다(Table 2). 마취유도 전에는 평균 동맥압과 말초정맥압 사이에 상관관계가 없었고, 마취유도 후에도 압박대 팽창전 말초정맥압(BEFORE)과는 별다른 상관관계가 없었다. 그렇지만, 마취유도 후 평균정맥압과 PEAK2 사이에는 유



**Fig. 3.** Autoregulation of peripheral venous pressure is disrupted by enflurane anesthesia. Linear regression analysis was performed on venous pressure against mean arterial pressure to investigate the relationship between the two. Only the Peak2 values 30 minutes after induction inhalation anesthesia was significantly correlated with the mean arterial pressure value at that period, which suggests possible disruption of autoregulation.

Base : baseline venous pressure before NIBP measurement. Peak2 : Value of second peak during NIBP measurement.  
 before : before induction of inhalation anesthesia. after : 30 minutes after induction of inhalation anesthesia

의한 상관관계가 발생하였다(Fig. 3).

## 고 찰

본 실험 결과 비침습적 혈압 측정중 혈압 커프가 감겨진 원위부에서의 말초정맥압이 한 개의 피크를 가진 단순한 곡선이 아니라, 두 개의 피크를 가진 M자 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 비침습적 혈압측정시 혈압 커프는 이전 수축기혈압보다 40 mmHg 이상 더 높은 압력이 되도록 팽창되었다가 서서히 감압된다. 이 동안, 커프 팽창시에 말초정맥이 먼저 막히면서, 말초동맥은 막히지 않는 시기가 우선 존재하게 되는데 이때는 혈액이 말초정맥 내에 고이게 되어 말초정맥압이 점차 증가한다. 이와 같은 현상은 Janssen등에<sup>2)</sup> 의해서도 관찰되어졌다. 이후, 커프의 팽창압력이 점점 더 커져서 동맥압보다 높아지게 되면 정맥내로의 혈액 유입이 멈춰지게 되어 더 이상의 정맥압의 증가가 없게 되므로 PEAK1으로 나타나게 된다. 이후 커프압력이 동맥압보다 높은 동안은 여러 가지 원인에 의해 말초정맥압이 서서히 감소하다가 커프압력이 떨어지면서 동맥압보다 낮고 정맥압보다 높은 시기가 시작된다. 이때 NOTCH가 나타나면서 말초정맥으로의 정맥혈의 유입에 따라 정맥압은 재 상승하게 된다. 커프압력이 계속 떨어져서 말초정맥압보다 낮아지게 되면 말초정맥에서의 정맥혈이 순환계로 재 유입되어 말초정맥압이 떨어지기 시작하며 이 순간이 PEAK2로 나타난다. PEAK1이 형성되면서 이미 많은 양의 정맥혈이 말초정맥내에 채워진 후 재차 정맥혈이 유입되면서 PEAK2가 형성되므로 항상 PEAK2는 PEAK1보다 크게 나타난다.

PEAK2의 범위는 12~130 mmHg에 이르는 매우 넓은 영역을 이루었는데, 이때 측정된 가장 높았던 압력인 130 mmHg를 수압으로 바꾸면, 170 cmH<sub>2</sub>O 가량 되고, 여기에 환자가 누워있는 수술대의 높이가 1 m라고 가정한다면, 이 압력을 극복하고 항상 수액이 주입되도록 하려면 270 cm 이상 수액 병의 높이를 올려야 한다는 결론이 나온다. 하지만, 이 정도의 높이라면, 보통 키의 사람이 수액을 관리하는데 어려움이 생기기 때문에 수액의 위치를 변경하는 방법 외에 다른 방법을 찾아야 한다. Wait는<sup>3)</sup> 혈압 커프 사이에 정맥 주입 관을 끼우는 방법을

제안했다. 그러나 이러한 정맥 주입관에 대한 압박이 여러 경우에서 실패했기 때문에, Lundberg등은<sup>4)</sup> 좀 더 개선된 압착 조절기를 사용했다. 이 장치는 혈압 커프가 팽창할 때 그 힘을 받아서 정맥 주입관을 압박함으로써 혈액의 역류를 방지하는 역할을 한다. 그렇지만 이것은 혈압 커프가 이완할 때도 정맥압이 상승한다는 것을 고려하지 못했기 때문에 이론상의 한계를 가지고 있다. 그 밖에 혈액의 역류를 완전하게 막을 수 있는 한 방향으로만 열리는 판막을 가진 상품화된 정맥 주입관(Baxter, U.S.A.)도 있다. 이상의 장치들에 대해서 시험해 보지는 않았지만, 각기 비침습 혈압측정 동안에 역류를 방지할 수 있는 이론적인 장점을 가지고 있다.

말초 정맥압에 영향을 미치는 인자는 많으며, 이 들로는 심박출량, 혈관 불수의근의 긴장도, 모세혈관에 작용하는 Starling forces, 말초 혈관 운동과 신경내분비에 대한 인자 등을 꼽을 수 있으며,<sup>5)</sup> 이밖에 나이와<sup>6)</sup> 임신<sup>7)</sup> 등도 영향을 준다고 한다. 혈관 긴장도가 일정하게 유지될 경우는 혈류량의 변화에 의해서 정맥압이 변화될 수 있는 반면 같은 혈류량 하에서도 혈관의 긴장도가 변화할 경우, 즉, 정맥의 신전도가 변화할 경우, 정맥압은 변화될 수 있다. 말초 정맥의 신전력이 감소하는 기전으로는 교감신경의 항진, 카테콜라민이나 다른 혈관 운동 촉진제의 증가, 조직 내압의 증가와 간질내의 부종, 그리고 혈관 자체의 구조적인 변화 등을 들 수 있다.<sup>8)</sup> 특히, 피부와 장내 혈관에는 교감신경의  $\alpha$ -adren-ergic fiber가 많기 때문에<sup>9)</sup> 정맥 긴장도는 교감신경에 의해 영향을 많이 받게 된다.<sup>10)</sup>

본 실험에서 마취유도 후에 혈압이 감소했는데, 특히 평균혈압과 이완기 혈압이 현저히 감소함을 보였고 이는 흡입 마취에 의한 일반적인 현상이다. 반면에 정맥압은 마취후 12~17 mmHg까지 증가하였고, 말초정맥압과 관련된 모든 변수들이 마취유도 후에 유의하게 증가하는 양상을 보였다. 이러한 증가가 normal timed control에서는 나타나지 않는 것으로 보아 흡입 마취후 말초정맥압의 증가는 단순히 반복적인 측정 때문이 아니라는 것을 확인할 수 있었다.

말초 정맥압은 일정 범위내에서 중심정맥압과 유사한 상관관계를 보이므로<sup>11)</sup> 흡입마취후 발생하는 심장 수축력의 저하에 의한 중심정맥압의 증가가 말초 정맥압의 증가로 반영될 수 있으며, 흡입마취

에 의한 말초혈류의 증가<sup>1)</sup> 역시 말초 정맥압의 증가에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 그리고 혈압 커프의 팽창시에 나타나는 말초 정맥압의 증가는 말초혈류의 증가에 의해 정맥내에 이미 많은 양의 정맥혈이 차 있으므로해서 신전성이 줄어들어 있는 상태에서 정맥혈이 유입됨으로써 말초정맥압의 증가가 더 커졌다고 설명할 수 있다. NOTCH는 실제로 마취 전에는 뚜렷하게 나타나지 않다가, 마취 유도 후에 현저하게 나타나는 것을 관찰할 수 있는데, 이러한 현상은 몇 가지로 설명될 수 있다. 첫째는 'delayed compliance'이다.<sup>5)</sup> 'delayed compliance'란 혈관내의 혈액량이 증가할 때 혈관이 늘어나는 속도가 혈액의 증량 속도를 따라가지 못하기 때문에 혈액이 증가해서 압력이 높아져 있던 혈관은 시간이 지나면서 점점 늘어나게 됨에 따라 결국 압력이 감소하는 현상이다. 그래서, 처음에 급격하게 증가했던 정맥압은 시간이 가면서 감소하고 'NOTCH'가 생기는 것이다. 둘째로는 PEAK1과 PEAK2가 증가하기 때문에 상대적으로 NOTCH가 부각된다고 설명할 수 있다. 하지만, 현재는 'delayed compliance'만이 실험적인 근거를 가지고 있다.

평균 동맥압과 말초정맥압은 마취전에는 상관관계를 보이지 않다가 마취유도 후에 유의한 상관관계를 가지게 되었는데, 이것은 말초 혈류의 자가조절이 마취 유도 후에 파괴되었음을 의미한다. 어떤 종류의 혈관은 관류압이 변함에 따라 혈류도 따라 변하기도 하지만, 자가조절 기전으로 잠시동안 혈류의 변화를 보였다가 곧 원래의 혈류로 돌아가는 경우도 있다.<sup>12)</sup> Bayliss 등은<sup>13)</sup> 90년전에 어떤 범위 내에서의 혈압에 대해서는 조직내 혈류가 거의 변하지 않는다고 발표했다. 이러한 자가조절은 뇌,<sup>14)</sup> 신장,<sup>15,16)</sup> 사지,<sup>17,18)</sup> 심장,<sup>19)</sup> 간,<sup>20)</sup> 장에서<sup>21)</sup> 증명된 바 있다. 이 현상을 설명하기 위해서 근조각이 말초혈류의 자가조절에 중요한 역할을 한다는 기전이 제시되기도 하였다.<sup>18)</sup> Gascho는<sup>6)</sup> 동맥압과 정맥확장성 사이에는 관계가 없다고 발표했다. 그리고 Snyder 등은<sup>22)</sup> 많은 양의 수액을 준 이후에도 안정시 정맥압이 크게 차이가 나지 않았다고 발표했다. 이것은 마취 전에는 어느 정도의 자가조절이 정맥압을 조절하는데 관여하고 있다는 것을 의미하고, 본 실험에서도 이러한 관찰과 일치된 결과를 얻은 바 있다. 또한, 본 실험의 결과는 마취후에 말초정맥압이 평

균동맥압의 변화에 따라 변화함을 관찰함으로써 enflurane이 말초 혈류의 자가조절을 억제함을 보여주고 있다. 흡입마취 중에는 조직내 혈류에 대한 자가조절이 억제되어 관류압의 증가는 혈류의 증가를 동반하게 된다. 할로탄 마취하에서 손의 혈류는 동맥압에 비례한다. 이러한 상관관계는 동맥압이 떨어질 경우 말초 혈류도 감소하게 될 것임을 시사한다.<sup>1)</sup> Enflurane은 일반적으로 혈압을 감소시키고, 말초 저항을 저하시킨다. 이것은 혈관의 불수의근에 대한 직접적인 작용과 간접적으로 EDRF(endothelium derived relaxing factor)를 방출시킴으로써 이루어진다.<sup>23)</sup> 그래서, enflurane 역시 말초혈류를 증가시키고, 이미 확장된 혈관에서 자가조절에 대한 반응을 약화시키게 된다.

카테터를 통한 유속이 매우 빠를 경우 카테터의 내경은 기록되는 압력에 큰 영향을 미친다. Hasbargen 등은<sup>24)</sup> 분당 200 ml의 유속을 가진 시스템에서 14~17 gauge의 내경을 가진 카테터를 이용하여 정맥압을 측정한 결과 83~147 mmHg의 큰 차이를 보임을 관찰하였다. 본 실험에서는 두 가지의 다른 내경의 카테터가 실험에 이용되었으나 시스템을 통한 유속은 시간당 3 ml에 불과하였고 비침습적 혈압측정시의 정맥압의 변화속도가 매우 느리므로 실험에 사용된 두 개의 다른 내경의 카테터에 의해 측정치가 왜곡되었을 가능성은 거의 없다.

이상에서, 본 실험을 통하여, 비침습적으로 혈압을 측정하는 동안에 말초 정맥압의 파형은 'M'자 모양을 보였고, 커프가 이완되는 시기에 측정되는 PEAK2가 항상 높았으며, 그 압력은 12~130 mmHg까지의 범위를 보였다. Enflurane 마취는 말초 정맥압을 유의하게 증가시켰고, 말초 정맥압이 평균 혈압에 비례하여 변화하는 양상을 보이도록 하였는데 이는 자가조절 기전의 억제에 기인하는 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Pauca AL: Upper limb blood flow during haxamethonium-induced hypotension: Studies in patient anaesthesia with halothane. *Br J Anaesth* 1988; 60: 151-6.
2. Janssen MCH, Claassen JAHR, Van Asten WNJC, Wollersheim H, De Rooij MJM, Thoen T: Validation of the supine venous pump function test: a new

- non-invasive tool in the assessment of deep venous insufficiency. *Clin Sci* 1996; 91: 483-8.
3. Wait CM: Blood pressure measurement and intravenous infusions. *Anaesthesia* 1992; 47: 112.
4. Lundberg J, Lee J, Toung T: Blood pressure measurements and intravenous infusions. A simple clamp to prevent retrograde blood flow. *Anesthesiology* 1996; 85: 943.
5. Guyton AC: Local control of blood flow by the tissue: Nervous and humoral regulation. In: *Textbook of Medical Physiology*. Fifth edition. Philadelphia, WB Saunders. 1976, pp216, 250-63.
6. Gascho JA, Fanelli C, Zelis R: Aging reduces venous distensibility and the venodilatory response to nitroglycerin in normal subjects. *Am J Cardiol* 1989; 63: 1267-70.
7. Sakai K, Imaizumi T, Maeda H, Nagata H, Tsukimori K, Takeshita A, Nakano H: Venous distensibility during pregnancy. Comparisons between normal pregnancy and preeclampsia. *Hypertension* 1994; 24(4): 461-6.
8. Ikenouchi H, Ilzuka M, Sato H, Momomura S, Serizawa T, Sugimoto T: Forearm venous distensibility in relation to severity of symptoms and hemodynamic data in patients with congestive heart failure. *Jpn Heart J* 1991; 32(1): 17-34.
9. Rowell L: *Human circulation regulation during physical stress*. New York, Oxford University Press. 1986, pp44-77.
10. Sumner A, Zelis R, Benett M, Gascho JA: Effect of the venodilated state on sympathetic-induced venoconstriction in normal state. *Am J Cardiol* 1989; 63: 973-6.
11. Dessiris A: Peripheral venous pressure as a guide for fluid administration in hypovolemic dogs. *J Vet Med A* 1987; 34: 690-7.
12. Rodbard S: Autoregulation in encapsulated, passive, soft-walled vessels. *Am Heart J* 1963; 65(5) : 648-55.
13. Bayliss WM: On the local reaction of the arterial wall to changes in internal pressure. *J Physiol* 1902; 23: 220.
14. Kleinerman J, Sancetta SM, Hackel DB: The effect of high spinal anesthesia on cerebral circulation and metabolism in man. *J Clin Invest* 1958; 37: 285.
15. Hinshaw LB, Ballin HM, Day SB, Carson CH: Tissue pressure and autoregulation in the dextran-perfused kidney. *Am J Physiol* 1959; 197: 853.
16. Thompson DD, Kavalier F, Lozano R, Pitts RF: Evaluation of the cell separation hypothesis of autoregulation of renal blood flow and filtration rate. *Am J Physiol* 1957; 191: 493.
17. Blair DA, Roddie IC: The changes in tone in forearm resistance blood vessels during local exposure to subatmospheric pressures. *J Physiol* 1958; 143: 67.
18. Folkow B: A study of the factors influencing tone of denervated blood vessels perfused at various pressures. *Acta Physiol Scand* 1952; 27: 99.
19. Ross JJr, Mosher PW, and Shaw RF: Autoregulation of coronary blood flow. *Circulation* 1961; 24: 1025.
20. Ginsberg M, Grayson J: Factors controlling liver blood flow in the rat. *J Physiol* 1952; 123: 574.
21. Johnson PC: Autoregulation of intestinal blood flow. *Am J Physiol* 1960; 199: 311.
22. Snyder CL, Saltzman D, Happe J, Eggen MA, Ferrell KL, Leonard AS: Peripheral venous monitoring with acute blood volume alteration; cuff-occluded rate of rise of peripheral venous pressure. *Crit Care Med* 1990; 18(10): 1142-5.
23. Miller RD: *Anesthesia*. 4th ed. New York, Churchill Livingstone. 1994, p152.
24. Hasbargen JA, Weaver DT, Hasbargen BJ: The effect of needle gauge on recirculation, venous pressure and bleeding from puncture sites. *Clin Nephrol* 1995; 44(5): 322-4.