

## Enflurane 마취시 연령에 따른 압수용체 및 미주신경 반사의 차이

연세대학교 의과대학 마취과학교실

김 정 섭·남 용 택·남 순 호

= Abstract =

### Age-related Difference of the Vagal Reflex and Baroreceptor Reflex under General Anesthesia with Enflurane

Jung Sub Kim, M.D., Yong Taek Nam, M.D. and Soon Ho Nam, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Baroreceptor reflex responds to the decrease in blood pressure caused by drug, dehydration, or severe bleeding. Vagal reflex caused by direct pressure on vagus nerve, the traction, or lung inflation develops bradycardia and severe arrhythmia. Lung inflation elicits a vasodepressor reflex, resulting in stimulation of the vagus nerve which causes a decrease in sympathetic outflow.

**Methods:** 75 patients who had elective surgery were divided into 3 groups according to the age, such as group I: ≤ 15 years of age, group II: 16-64 years of age, group III: ≥ 65 years of age. Lung inflation test has been performed at 20 cmH<sub>2</sub>O for 20 seconds. Baroreceptor was stimulated by lowering blood pressure with intravenous infusions of nitroglycerin. Baroreceptor sensitivity was assessed by measuring the decrease in blood pressure. Vagal reflex sensitivity was calculated by the subtraction of G2 (baroreceptor reflex sensitivity after nitroglycerin infusion) from G1 (heart rate response to lung inflation).

**Results:** Baroreceptor reflex induced by hypotension and vagal reflex originated from lung influenced the heart rate inversely when lung inflated. Baroreceptor reflex sensitivity was highest in younger patients and lowest in older patients when nitroglycerin infused. Vagal reflex sensitivity was highest in older patients and lowest in younger patients.

**Conclusions:** Baroreceptor reflex was most sensitive in younger patients, but vagal reflex was more sensitive in older patients. (Korean J Anesthesiol 1998; 35: 277~284)

---

**Key Words:** Monitoring: blood pressure; heart rate, Parasympathetic Nervous system: vagus, Reflexes: baroreceptor.

---

논문접수일 : 1998년 3월 18일

책임저자 : 김정섭, 서울시 서대문구 신촌동 134번지, 연세의료원 마취과 의국, 우편번호: 120-752, Tel: 361-7780, Fax: 312-7185

\*석사학위 논문임.

## 서 론

여러 가지 원인에 의해 구심성 미주신경이 자극되면 미주신경 반사를 통해서 혈압 및 심박수가 감소한다.<sup>1)</sup> 특히 경동맥 수술 중에 미주신경의 직접적인 압박이나 복막의 견인, 폐신전 등 여러 가지 이유로 미주신경 반사가 일어난다. 미주신경 반사가 일어나면 혈압 및 심박수의 감소와 아울러 심실일탈(ventricular escape)과 같은 부정맥을 초래할 수 있다. 또한 안과 수술시에 안구심반사(oculocardiac reflex)와 같은 특수한 형태의 미주신경 반사가 일어나면 심각한 서맥을 초래하여 심정지 상태와 같은 위험한 사태를 야기할 수 있는 것이다.<sup>2)</sup> 조절 호흡시에도 호기말 양압(positive end expiratory pressure)이나 심호흡 등 기도에 강한 양압이 가해지면 폐신전에 따르는 미주신경 반사가 순환계를 억제한다.<sup>3)</sup> 또한 그와 동시에 흉강내압 상승에 따라 정맥 환류가 감소하기 때문에 이로 인해 혈압저하가 발생하고 잇따라 압수용체 반사가 야기된다.<sup>4)</sup>

일반적으로 혈압이 저하되면 압수용체 반사에 의해 심박수는 상승하게 되는데 이는 경동맥동(carotid sinus)과 대동맥궁(aortic arch)에 존재하는 원주 수용체(circumferential receptor)와 종축견인 수용체(longitudinal stretch receptor)를 통해서 혈압변화에 반응함으로써 나타나는 것이다.<sup>5)</sup> 혈압의 변화는 이 두 수용체를 자극해서 각각 설인신경(glossopharyngeal nerve)과 미주신경의 구심성(afferent) 섬유를 따라 연수(medulla)의 심혈관 중추(cardiovascular center)의 고속핵(nucleus tractus solitarius)으로 보내지는 것이다. 이렇게 해서 혈압저하에 따른 압수용체 반사의 반응은 교감신경계 활성의 증가를 가져옴으로써 수축력, 심박수 및 혈관 긴장도의 증가가 초래되는 것이다.<sup>6)</sup>

폐 가압시의 순환계의 반응은 미주신경 반사와 압수용체 반사의 상반된 영향을 동시에 받고 있다고 생각되어지고 있다. 그러므로 이러한 상반된 반사를 정확히 파악하려 한다면 이 두가지의 신경반사를 분리해서 해석평가하는 것이 생리학적으로 중요한 의미를 가지게 되는 것이다. Glick등에 의하면 동물실험에서 신경절제를 시행하여 순수한 미주신경 반사 및 압수용체 반사, 혹은 이들 두 반사를 동시에 유발할 수 있었으며 호기말 양압호흡에 의해

미주신경의 활동이 항진된다고 보고하고 있다. 그런데 사람에 있어서는 신경절제가 불가능하므로 nitroglycerin 투여나 다른 약제에 의한 저혈압 유도를 통해서 압수용체 반사의 평가를 시도하거나 폐신전에 의한 미주신경 반사를 간접적으로 평가한 예가 있다.<sup>7)</sup> 그러나 기존의 동물실험이나 임상연구 중에는 동일 개체에서 이러한 반사를 동시에 평가한 실험은 찾아 보기 힘들며 더욱이 연령에 따른 이들 두 반사의 차이에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 nitroglycerin 투여를 이용한 직접적인 압수용체 반사 단독의 반응과, 폐신전에 의한 압수용체 반사 및 미주신경 반사의 혼합된 반응에서 압수용체 반사를 빼 줌으로써 미주신경 반사를 평가하고자 하였다. 각각의 반사에 의한 혈압과 심박수의 변동분의 차이를 이용해서 압수용체 반사 반응과 미주신경 반사 반응을 각각 측정하고 나아가 이들 두 반사가 연령에 따라 어느 정도의 차이를 보이는지 살펴보고자 하였다.

## 대상 및 방법

대상은 5세에서 72세의 전신마취가 예정된 환자로 미국 마취과학회 신체상태 분류상 1 및 2등급에 해당되는 남녀 환자 75명으로 하였다. 대상 환자들은 모두 과거력이나 혈병력상 고혈압이나 당뇨 등의 심혈관계 합병증이 없는 환자들로 하였다. 75명의 환자들은 남녀 구별 없이 각각 25명씩 연령별로 다음과 같이 3군으로 나누었다. I군: 15세 이하 (소아), II군: 16~64세 (성인), III군: 65세이상(노인).

대상환자는 수술실 도착후 심전도(ECG: 90622A, SpaceLabs, USA)와 비침습적 혈압 측정기(noninvasive blood pressure monitoring system: 90651A, SpaceLabs, USA), 맥박산소계측기(pulse oximeter: Capnomac Ultima<sup>TM</sup>, Datex, Finland)를 거치하였다. 2.5% thiopenthal(pentothal sodium<sup>®</sup>: 5 mg/kg)을 정주하여 마취 유도 한 뒤 마스크로 보조 환기하면서 pancuronium bromide(Panslan<sup>®</sup>: 0.1 mg/kg)로 근 이완시킨 후 기관내삽관을 하였다. 마취의 유지는 N<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub>-enflurane으로 하였으며 호기말 탄산가스 분압이 35 mmHg 내외로 유지되도록 인공호흡기(Dameca, Denmark)를 조절하였다(호흡횟수 10~20회/min, 1회 환기 10~15ml/kg). 심박수는 심전도의 제 II lead로 측

정하고 혈압은 관혈적 방법인 요골동맥 도관법(카테터를 동맥내 삽입한 후 변환기에 연결하여 혈압을 지속적으로 측정하는 방법)으로 연속적으로 측정하였다. 맥박산소 계측기로 동맥혈 산소 포화도를 비침습적으로 감시하였고 호기 가스 분석장치(capnometer: Capnomac Ultima™, Datex, Finland)로 호기말 이산화탄소 분압( $P_{ET}CO_2$ )과 enflurane 농도( $F_{ET}enf$ )를 측정하고 환기조건 및 마취심도를 거의 일정하게 유지하였다. 마취유도를 하고 수술이 시작된 후에 혈압과 심박수가 비교적 안정되고 마취 심도가 충분하다고 판단된 시점에서 폐 가압시험과 nitroglycerin 강압시험을 시행했다. 폐 가압시험은 기계적 호흡을 중단하고 양측 손으로 호흡낭(reservoir bag: Antistatik, Rusch, Germany)에 20 cmH<sub>2</sub>O의 압력을 20 초간 유지하는 것으로 하였다. 폐 가압시험이 끝난 후 환자의 호흡은 시험 전에 이미 정해졌던 일회 호흡량과 호흡수로 기계 환기 시켰다.

Nitroglycerin 강압시험은 폐 가압시험을 끝낸 후에 10분 이상의 간격을 두고 혈압 및 심박수가 폐 가압시험을 하기 직전 상태로 돌아온 시점에서 시행하였다. Nitroglycerin(Millisrol®, Nippon Kayaku, Japan)은 0.9% 생리 식염수에 희석하여(100 µg/cc) 초회량(1 µg/kg)을 투여한 후 같은 대상에서 폐 가압시험시와 거의 같은 정도의 저혈압 상태가 될 때 까지 추가량(0.1~0.9 µg/kg)을 정주하였다. 폐 가압시의 혈압저하에 따른 심박수 반응성(G1)과 nitroglycerin 투여시의 압수용체 반사감도(G2)는 심박수의 최대 변

화분( $\Delta HR$ )과 수축기 혈압의 최대 변화분( $\Delta SBP$ )의 비로 구하였다. 또한 폐 가압시의 심박수 반응성(G1)에서 압수용체 반사감도(G2)를 빼서 미주신경 반사감도( $G3 = G1 - G2$ )를 구하였다.

모든값은 평균치±표준편차로 표시했고 분산분석법(ANOVA) 후에 다중 비교방법(multiple comparison) 중 하나인 Tukey 방법을 사용하여 검정하였다. 유의 확률(p-value)이 0.05 미만일 때 통계학적 의의가 있다고 판정하였다.

## 결 과

### 1) 폐가압시험

대상환자를 연령에 따라 3개의 실험군으로 나눈 후 모든 환자에서 동맥혈 산소포화도, 호기말 이산화탄소 분압, 호기말 enflurane 농도, 수축기혈압 및 심박수를 측정했다. 폐가압시 수축기 혈압은 세 군 모두에서 유의하게 감소하였고( $p < 0.05$ ) 심박수는 소아에서 유의하게 증가하였으나( $p < 0.05$ ) 성인과 노인에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 나머지 측정치는 세 군 모두에서 폐가압 전과 후에 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 1). 폐가압에 따른 수축기혈압의 감소(12~28 mmHg)는 심한 저혈압으로 실험을 중단하였던 경우는 한 명도 없었다. 폐 가압시의 수축기 혈압의 변동분은 모두에서 유의한 차이가 없었으나 심박수 변동분은 모두에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )(Table 2).

Table 1.  $SpO_2$ ,  $P_{ET}CO_2$ ,  $F_{ET}enf$ , SBP and HR before and after Lung Inflation

Group	I		II		III	
	Before	After	Before	After	Before	After
$SpO_2$	98.7±0.1	98.5±0.2	98.6±0.1	98.4±0.2	98.0±0.1	97.9±0.2
$P_{ET}CO_2$	35.6±0.4	35.2±0.3	36.4±0.4	36.2±0.2	36.2±0.3	36.2±0.2
$F_{ET}enf$	1.2±0.2	1.2±0.1	1.2±0.2	1.2±0.1	1.2±0.2	1.2±0.2
SBP	109.1±10.2	89.3±8.2*	114.5±14.3	93.2±9.6*	130.1±11.2	104.1±8.5*
HR	92.4±16.2	101.9±10.5†	80.6±9.0	82.5±7.5	72.6±10.4	69.5±6.2

\* $p < 0.05$  significant difference in the same group, † $p < 0.05$  significant difference in the same group  
All values are expressed as mean ± SD.

group I: ≤15 years of age, group II: 16~64 years of age, group III: ≥65 years of age.

$SpO_2$ : oxygen saturation measured by pulse oximeter,  $P_{ET}CO_2$ : partial pressure of end tidal carbon dioxide,  $F_{ET}enf$ : end tidal fraction of enflurane, SBP: systolic blood pressure, HR: heart rate

## 2) Nitroglycerin 강압시험

폐가압 시험이 끝난 후 환자의 혈액 증후가 회복된 10분 후에 nitroglycerin을 정주하여 모든 환자에서 동맥혈 산소포화도, 호기말 이산화탄소 분압, 호기말 enflurane 농도, 수축기혈압 및 심박수를 측정하였다. Nitroglycerin 투여시 각 군에서의 수축기 혈압은 각각 유의한 감소를 보였다( $p<0.05$ ). Nitroglycerin 투여로 인한 심한 저혈압을 나타내었던 환자는 없었으며 수월하게 폐가압시의 혈압까지 낮출 수 있었다. 심박수는 소아 및 성인에서 유의한 증가를 보였다( $p<0.05$ ). 나머지 측정치는 nitroglycerin 투여 전과 후에 유의한 변화가 없었다(Table 3). Nitroglycerin 투여시 수축기 혈압의 변동분은 각 군 간에 유의한 차이가 없었고 심박수의 변동분은 세 군 간에 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). Nitroglycerin

투여용량은 소아에서 유의한 차이( $p<0.05$ )를 보였는 바 소아, 성인, 노인 순으로 많은 용량이 필요하였다(Table 4).

## 3) 압수용체 반사감도 및 미주신경 반사감도

폐 가압시험에 따른 심박수의 반응성(G1)은 소아에서 제일 크고( $p<0.05$ ) 노인, 성인 순이었다. 압수용체 반사감도(G2)는 소아에서 제일 크고 성인, 노인순이었고 이들의 값이 유의한 차이( $p<0.05$ )를 나타낸 것으로 보아 연령별로 나누어 측정한 압수용체 반사는 소아에서 제일 민감하고 연령이 증가할 수록 둔감해지는 것을 알 수 있다. 또한 미주신경 반사감도(G3)는 소아에서 제일 작고( $p<0.05$ ) 성인, 노인 순이었으며 연령별로 나누어 측정한 미주신경 반사는 노인에서 제일 민감하고 소아에서 제일 둔

Table 2. Changes in Systolic Blood Pressure and Heart Rate in Lung Inflation Test

Group	I	II	III
$\Delta SBP1$	$-19.8 \pm 3.4$	$-21.2 \pm 2.1$	$-25.9 \pm 3.6$
$\Delta HR1$	$9.6 \pm 0.9^*$	$1.9 \pm 0.5^*$	$-3.1 \pm 0.3^*$

Grouping is same as shown in Table 1. \* $p<0.05$  compared between 3 groups. All values are expressed as mean  $\pm$  SD.  $\Delta SBP1$ : changes in systolic blood pressure in lung inflation test,  $\Delta HR1$ : changes in heart rate in lung inflation test.

Table 4. Changes in Systolic Blood Pressure and Heart Rate in Nitroglycerin Test

Group	I	II	III
$\Delta SBP2$	$-20.24 \pm 3.44$	$-21.88 \pm 2.54$	$-25.64 \pm 3.51$
$\Delta HR2$	$10.76 \pm 3.32^*$	$8.12 \pm 1.56^*$	$4.40 \pm 1.19^*$
NTG dose	$1.45 \pm 0.20^\dagger$	$1.31 \pm 0.12$	$1.23 \pm 0.11$

Grouping is same as shown in Table 1. \* $p<0.05$  compared between 3 groups.  $^\dagger p<0.05$  compared between 3 groups. All values are expressed as mean  $\pm$  SD. NTG: nitroglycerin  $\Delta SBP2$ : changes in systolic blood pressure in nitroglycerin test,  $\Delta HR2$ : changes in heart rate in nitroglycerin test

Table 3. SpO<sub>2</sub>, P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>, F<sub>ET</sub>enf, SBP and HR before and after Nitroglycerin Test

Group	I		II		III	
	Before	After	Before	After	Before	After
SpO <sub>2</sub>	$99.0 \pm 0.1$	$98.6 \pm 0.2$	$98.5 \pm 0.1$	$98.5 \pm 0.2$	$98.1 \pm 0.1$	$97.8 \pm 0.2$
P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	$35.2 \pm 0.5$	$35.0 \pm 0.4$	$36.2 \pm 0.6$	$36.0 \pm 0.4$	$36.6 \pm 0.5$	$36.4 \pm 0.6$
P <sub>ET</sub> enf	$1.3 \pm 0.2$	$1.3 \pm 0.1$	$1.2 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.1$	$1.2 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.2$
SBP	$108.1 \pm 9.0$	$87.9 \pm 7.6^*$	$115.5 \pm 15.1$	$93.6 \pm 11.2^*$	$130.6 \pm 13.0$	$104.9 \pm 12.5^*$
HR	$93.5 \pm 15.2$	$104.2 \pm 16.2^\dagger$	$81.5 \pm 10.2$	$89.6 \pm 8.7^\dagger$	$73.5 \pm 12.4$	$77.9 \pm 12.8$

Grouping is same as shown in Table 1. \* $p<0.05$  significant difference in the same group.  $^\dagger p<0.05$  significant difference in the same group. All values are expressed as mean  $\pm$  SD.

**Table 5. Differences of Baroreceptor and Vagal Reflex Sensitivity according to Age**

Group	I	II	III
G1	$-0.519 \pm 0.241^*$	$-0.092 \pm 0.135$	$0.117 \pm 0.074$
G2	$-0.579 \pm 0.274^{\dagger}$	$-0.379 \pm 0.087^{\dagger}$	$-0.177 \pm 0.054^{\dagger}$
G3	$0.060 \pm 0.32^{\dagger}$	$0.287 \pm 0.158$	$0.294 \pm 0.089$

Grouping is same as shown in Table 1. \* $p < 0.05$  compared between 3 groups.  $^{\dagger} p < 0.05$  compared between 3 groups.  $^{\dagger} p < 0.05$  compared between 3 groups. All values are expressed as mean  $\pm$  SD. G1: heart rate response to lung inflation, G2: baroreceptor reflex sensitivity after nitroglycerin infusion, G3: vagal reflex sensitivity.

감한 결과를 보여준다고 할 수 있다(Table 5).

## 고 칠

폐가압과 미주신경 반사의 관련성에 대해서는 지속 양압호흡에 의해 미주신경 활동이 항진된다는 것을 보고하고 있다.<sup>8)</sup> 또한 폐신전에 따라 폐유래의 미주신경 구심로가 자극을 받아 반사성으로 심혈관계의 억제가 일어난다는 것이 동물실험에서 확인되고 있다. 그러나 폐가압은 미주신경의 자극 뿐만 아니라 흉곽외 정맥의 압박으로 우측 심장으로의 혈액 환류가 감소되어 혈압하강으로 인한 압수용체의 보상반응도 동시에 유발된다. 본 연구에서는 폐신전에 따른 미주신경 반사 및 압수용체 반사를 동시에 유발시켜 nitroglycerin 투여에 의한 혈압하강에 따른 압수용체 반사를 빼 줌으로써 순수한 미주신경 반사를 측정하고자 하였다.

폐 가압 시험에서 혈압은 감소하였으나 심박수는 일정한 경향을 보이지 않았다. 이같은 원인은 첫째, 동물실험에서는 미주신경 활동을 직접 측정하고 있는 데 반해서, 본 연구에서는 미주신경 활동의 간접적 지표로서의 심박수를 측정하고 있기 때문이라 생각되어 진다. 심박수는 미주신경뿐 아니라 교감신경에 의한 제어를 받고 있다. 둘째, 폐 가압시에 정맥 환류량이 감소한 결과, 혈압이 저하되고 혈압저하에 동반된 압수용체 반사가 야기된 것이다.<sup>9)</sup> 미주신경 반사는 억제적으로, 압수용체 반사는 촉진적으로 작용한다.<sup>10)</sup> 호기말 양압시에는 심박수 반응 및 교감신경 활동이 압수용체 반사를 통한 촉진반응과

미주신경 반사를 통한 억제반응의 상반된 영향을 받고 있다는 것이 동물실험의 보고에 의해서도 뒷받침된다.<sup>11)</sup>

그러나 폐 가압시의 심박수 반응과 압수용체 반사의 사이에는 유의한 상관관계가 있었다. 즉 압수용체 반사감도가 높은 종례에서는 폐 신전에 따른 빈맥 경향이 있었다. 역으로 압수용체 반사감도가 낮은 종례에서는 폐 신전에 따른 서맥 경향이 있다. 이것은 사람에서도 폐 가압시의 심박수 반응은 미주신경 반사에 따른 억제와 압수용체 반사에 따른 촉진의 상반된 영향을 받고 있다는 것을 보여 주고 있다.<sup>12)</sup> 동물실험에서는 신경절제를 시행하는 것으로 순수한 미주신경 반사 및 압수용체 반사, 혹은 이들 두 반사를 동시에 유발하는 것이 가능하다. 반면에 사람에서는 신경 절제를 시행하는 것은 불가능하다. 그러나 압수용체 반사를 평가하는 것은 임상에서도 nitroglycerin의 투여 혹은 nitroprusside의 투여에 의해 저혈압을 만들어 평가하는 방법이 예전부터 행해지고 있다.<sup>13)</sup> 그래서 같은 정도의 혈압저하에 대하여 압수용체 반응과, 압수용체 반사와 미주신경 반사의 혼합된 반응을 동일 종례에서 측정하여 이 두 반응의 차이로 부터 미주신경 반사를 추측하는 것이 가능하다. 이러한 생각에서 미주신경 반사를 해석하면 G3는 모든 환자에서 플러스 값을 나타냈다. 즉 G3는 혈압, 심박수가 모두 감소하는 미주신경 반사라는 것을 보여 주고 있다. 만일 압수용체 반사감도(G2)와 미주신경 반사감도(G3) 사이에 유의한 상관 관계가 인정된다면 이들 두 반사가 서로 영향을 미치고 있는 반응으로 생각되어지고, 단순한 뱀셈에 의해 미주신경 반사를 해석하는 방법 자체가 부정될 것이다. 그러나 그 상관 관계가 인정되지 않고 압수용체 반사와 미주신경 반사가 서로 독립관계이고 폐 가압시의 심박수 반응성(G1)은 압수용체 반사감도(G2)와 미주신경 반사감도(G3)에 상관관계가 있다는 것에 의해 이 해석방법의 타당성이 시사된다.

본 연구는 예정 수술 환자에 있어서 enflurane 마취 하에서 시행되었다. 예전부터 압수용체 반사와 미주신경 반사가 여러 가지 마취약제에 의해서 억제된다는 것이 보고 되고 있다.<sup>14)</sup> 이번 결과에 있어서도 마취약제에 의해 어느 정도의 영향을 받고 있는 것으로 추측할 수 있겠다. 마취 깊이에 따라 압

수용체 반사와 미주신경 반사의 억제 정도가 다를 수 있으므로 보다 높거나 낮은 마취 농도에서도 같은 결과가 얻어질 수 있을지는 불분명하다. 이 후에 마취 심도를 고려한 보다 상세한 검토가 필요하리라 생각된다.

본 연구에 있어서는 폐 신전시의 미주신경 반사 감도를 임상적으로 평가하는 방법과 이를 이용해서 과연 연령에 따라 미주신경 반사가 어떻게 변하고 또한 변한다면 어느 정도 차이를 나타내는지에 대해서 연구하였다. 이런 방법으로 미주신경 반사를 평가하는 것이 엄밀하게 타당한 것인지는 명확치 않지만 본 연구에 있어서 임상적으로 미주신경 반사를 평가하는 것이 가능하다는 것을 보여 주었다. 압수용체 반사가 연령이 증가함에 따라 감소하는 기전에 관해서는 압수용체가 혈관벽의 신성을 감지하는 신전 수용체이기 때문에 노화에 따르는 동맥 경화에 의해 압수용 부위에서의 동맥벽의 신전성이 감소하고, 반사감도가 억제된다고 생각되어지고 있다.<sup>15)</sup> 본 연구에서 압수용체 반사는 모든 연령 군에서 유발되었지만, 과거의 보고와<sup>16)</sup> 같이 그 감도는 연령이 증가함에 따라 감소하였다. 한편 폐 가압시의 심박수 반응은 소아에서 증가 경향, 성인에서는 불변, 노인에서는 서맥 반응의 경향으로, 폐 신전에 따르는 미주신경 반사는 소아에서는 거의 유발되지 않고, 성인에서는 약간, 그리고 노인에서는 현저하게 유발되었다. 소아에서는 폐 가압시의 심박수 반응과 혈압 저하에 의한 심박수 반응이 양적으로도 대부분 일치하고 있기 때문에 폐 가압에 의해 저혈압이 유발되었던 경우에도 미주신경 반사감도가 적고 주로 압수용체 반사가 작용하였다고 할 수 있겠다. 또한 성인에서는 폐 가압시에 압수용체 반사감도와 미주신경 반사감도가 거의 같은 정도로 자극되어 심박수가 상쇄적으로 작용하여 거의 변화하지 않았다고 생각되어 진다. 노인에서는 압수용체 반사감도가 연령이 증가함에 따라 현저히 억제를 받고, 상쇄적으로 미주신경 반사감도가 압수용체 반사감도를 상회하기 때문에 폐 가압시의 서맥 반응이 노년 군에서 현저한 것이라고 생각할 수 있겠다. 그러나 어떠한 기전으로 폐 신전에 의한 미주신경 반사가 저연령 군에서 유발되기 힘들고, 연령이 증가함에 따라 증가하는지는 본 연구로 부터는 알 수 없다. 예전부터 폐 신전시와 호기말 양압호흡 등에서

심박수가 감소하고<sup>17)</sup> 심박수가 증가내지는 불변 등의 상반된 보고가 있어 의견의 일치를 보이고 있지 않고 있다. 이러한 이유로서 첫 번째로 본 연구에서 밝혀진 바와 같이, 연령이 크게 영향을 미친다고 생각되어 진다. 일반적으로, 동물실험에서는 연령을 판별하기가 어려워 연령을 고려에 넣어 해석하는 것은 어렵고, 양적으로도 질적으로도 반응이 다른 모든 연령층을 한꺼번에 해석할 수는 없는 것이다.<sup>18)</sup> 또한 임상 중례에서도 이제까지 연령을 고려에 넣은 상세한 실험은 찾아볼 수 없다. 두 번째 이유로 종의 차이의 영향을 들 수 있다. 폐 신전에 따른 폐 팽창 반사(Hering Breuer reflex) 및 서맥 반응은 동물실험에서는 분명히 유발되지만 사람에서는 유발되지 않던가 있어도 약하기 때문이다.<sup>19)</sup>

본 연구에서도 폐 가압에 따른 서맥 반응을 보여주는 예와 빈맥 반응을 보여주는 예가 거의 반반씩이었으므로, 폐 신전에 따르는 반응은 비교적 약한 반응이라고 추측된다. 세 번째 이유로 폐 신전의 정도 또는 기도내압 상승의 정도의 영향을 들 수 있다. 10 cmH<sub>2</sub>O 이하의 낮은 기도내압으로는 빈맥 반응이 야기되기 쉽고, 그 이상의 높은 기도내압 상승으로는 서맥 반응이 유발되기 쉽다는 것이 보고되어지고 있다. 본 연구에서 사용한 20 cmH<sub>2</sub>O의 높은 기도내압은 후자에 속하고 미주신경 반사에 따르는 서맥 반응의 유발 방법으로서는 적절한 방법이라고 생각되어진다. 네 번째 이유로 동물실험에서는 압수용체를 분리한다든지 임상에서도 인공심폐를 이용해 폐를 체순환과 분리하면 폐 신전에 따르는 반사 반응을 단독으로 유발하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 폐가 체순환과 분리되지 않는다면 폐 가압에 따르는 미주신경 반사 뿐 아니라 혈압저하에 동반된 압수용체 반사가 야기되어 이들 두 반사가 상쇄적으로 작용한 결과 반응 양식이 조금 더 복잡하게 된다. 다섯 번째 이유로 마취의 영향을 들 수 있다. 현재 임상에 사용되는 마취약의 대부분은 어느 정도 압수용체 반사를 억제한다.<sup>20)</sup> 또한 일부의 마취약은 미주신경 반사를 억제한다고 알려져 있다.<sup>21)</sup> 실험적으로 만든 폐 신전이 미주신경 반사 및 압수용체 반사의 양쪽을 유발할 수 있는 설정 조건에 있어서, 사용된 마취약의 종류나 농도에 의해 이들 두 반사를 억제하는 정도가 각각 다르다면 폐 신전시의 반응이 압수용체 반사 우위

또는 미주신경 반사 우위의 상태가 될 수 있다. 그 때문에 심박수 반응이 양적으로나 질적으로도 달라질 가능성이 남아 있다. 본 연구에서 사용한 enflurane에 대해서도 약하긴 하지만 압수용체 반사를 억제한다고 보고되고 있다.<sup>22)</sup> Enflurane이 미주신경 반사를 억제하는지 어떤지는 보고된 바가 거의 없으나 그 가능성을 부정할 수는 없다. 더욱기 최소 폐포 농도(minimum alveolar concentration)는 나이에 따라 저하되기 때문에 같은 농도라도 고령자에게 강한 영향을 미치고 자율신경 반사를 억제할 가능성이 있다. 그러나 본 연구에서는 개개의 증례에서 enflurane 농도는 0.9~1.6 vol%로 거의 대부분에서 1 MAC 이하의 농도 상태이고 마취약이 노인에 대해 특이적으로 영향을 미쳤다고는 생각하기 힘들다. 따라서 적어도 enflurane 마취가 본 연구 결과에 크게 영향을 주었을 가능성은 적다고 볼 수 있다. 아산화 질소(N<sub>2</sub>O) 또한 enflurane과 같이 사용한 연구에서 압수용체 반사에 특이 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀져 있으나<sup>23)</sup> 미주신경 반사의 억제 여부는 연구된 바가 없다. 이와같이 폐 신전에 따른 심박수 반응에서는 위에서 언급한 것처럼 여러 인자가 관여하나 본 연구에서 본 바와 같이 특히 연령의 영향이 크다고 할 수 있겠다. 자율신경에 미치는 연령의 영향에 관하여는 압수용체 뿐 아니라 그 이외의 반사에서도 관찰된다. 기침 반사시의 심박수 증가 반응은 연령이 증가함에 따라 감소하고, 반응에 필요한 시간이 연장되는 것을 보고하고 있다. 또한 Valsalva시험에 의한 심박수 반응도 연령이 증가함에 따라 감소하는 것이 임상적으로 확인되고 있다.<sup>24)</sup> 심전도 R-R 간격 변동에 의한 자율신경 기능 해석에서도 변동계수 뿐 아니라 저주파수 성분 및 고주파수 성분 모두 나이에 따라 감소하는 것이 지적되고 있다. 이와 같이 이른바 자율신경 기능이 연령의 영향을 받고 있어<sup>25)</sup> 미주신경 반사에 대해서도 연령의 영향을 받는다는 것이 본 연구에서도 보여졌다. 결론적으로 심박수 반응에 있어서의 압수용체 반사감도는 연령이 증가함에 따라 감소하는 반면 미주신경 반사감도는 반대로 증가한다는 것이 분명해졌다. 이미 보고된 바와 같이 수술조작 자체가 미주신경 반사와 비교해서 압수용체 반사쪽을 보다 더 강하게 억제한다는 것을 고려한다면<sup>26)</sup> 마취 중에 고령자에서는 특히 저혈압이나 서맥 반응의 위험성

이 높고, 순환 상태가 불안정하기 쉽다고<sup>27)</sup> 추측되며 따라서 마취관리를 시행할 때 고려해야만 하는 중요한 문제점이라고 말할 수 있겠다.

## 참 고 문 헌

1. Doyle DJ, Mark PW: Reflex bradycardia during surgery. *Can J Anaesth* 1990; 37: 219-22.
2. Domberger I, Quast D, Velhagen KH, Bellach J, Guckler: The oculocardiac reflex during vitrectomy under neuroleptanalgesia. *Anaesth Rean* 1991; 16: 94-7.
3. Glick G, Weshler AS, Epstein S: Reflex cardiovascular depression produced by stimulation of pulmonary stretch receptors in the dog. *J Clin Invest* 1969; 48: 467-73.
4. Cassidy SS: Stimulus-response curves of the lung inflation cardio-depressor reflex. *Resp Physiol* 1984; 57: 259-68.
5. Kuwajima I, Suzuki Y, Hoshino S: Effects of aging on the cardiopulmonary receptor reflex in hypertensive patients. *Jpn Heart J* 1991; 32: 157-64.
6. Rogers RF, Paton JF, Schwaber JS: NTS neuronal responses to arterial pressure and pressure changes in the rat. *Am J Physiol* 1993; 265: 1355-68.
7. Larsen B, Buch U, Wilhelm W, Larsen R: Effects of propofol and fentanyl on the baroreceptor reflex in geriatric patients. *Anesthesiology* 1994; 29: 408-12.
8. Ott NT, Shepherd JT: Vasodepressor reflex from lung inflation in the rabbit. *Am J Physiol* 1971; 221: 889-95.
9. 藤田恭, 種山千邦: 肺伸展による迷走神經反射感度の臨床的評價. *臨床麻酔* 1993; 17: 25-8.
10. 種山千邦: 自律神經反射に及ぼす加齢の影響. *臨床麻酔* 1993; 17: 1301-5.
11. Stinnett HO: Altered cardiovascular reflex responses during positive pressure breathing. *Feder Proc* 1981; 40: 2182-7.
12. Tyler DC, Nessly M, Cheney FW: Reflex responses to positive end-expiratory pressure. *Resp Physiol* 1984; 56: 261-7.
13. 김학식, 강건, 김익동: Sodium Nitroprusside와 Prostaglandin E<sub>1</sub>을 이용한 유도저혈압이 압수용체 반사에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1991; 24: 1104-8.
14. Ebert TJ, Kotrlý KJ, Vucins EJ: Halothane anesthesia attenuates cardiopulmonary baroreflex control of peripheral resistance in humans. *Anesthesiology* 1985; 63: 668-74.

15. Tonkin AL, Wing LM: Effects of age and isolated systolic hypertension on cardiovascular reflexes. *J Hypertens* 1994; 12: 1083-8.
16. Shimada K, Kitazumi T, Sadakane N: Age-related changes of baroreflex function of plasma norepinephrine, and blood pressure. *J Hypertens* 1985; 9: 113-7.
17. Angell JE, Daly MB: The effects of artificial lung inflation on reflexly induced bradycardia associated with apnea in the dog. *J Physiol* 1978; 274: 349-66.
18. Wei JY, Mendelowitz D, Anastasi N, Rowe JW: Influence of age on cardiovascular reflex response in anesthetized rats. *Am J Physiol* 1985; 249: 31-8.
19. Hayashi F, Coles SK, McCrimmon DR: Respiratory neurons mediating the Hering-Breuer reflex prolongation of expiration in rat. *J Neur* 1996; 16: 6526-36.
20. Murat I, Lapeyre G, Saint C: Isoflurane attenuates baroreflex control of heart rate in human neonates. *Anesthesiology* 1989; 70: 395-400.
21. Yamamura T, Kimura T, Furukawa K: Effects of halothane, thiamylal, and ketamine on central sympathetic and vagal tone. *Anesth Analg* 1993; 62: 129-34.
22. Saeki Y, Hasegawa Y, Shibamoto T, Yamaguchi Y: The effects of sevoflurane, enflurane and isoflurane on baroreceptor reflex in rabbits. *Anesth Analg* 1996; 82: 342-8.
23. Morton M, Duke PC, Ong B: Baroreflex control of heart rate in man awake and during enflurane-nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1980; 52: 221-3.
24. Panerai RB, James MA, Potter JF: Impulse response analysis of baroreceptor sensitivity. *Am J Physiol* 1997; 272: 1866-75.
25. Parati G, Frattola A, Pedotti A: Effects of aging on dynamic baroreceptor control of heart rate in ambulant subjects. *Am J Physiol* 1995; 268: 1606-12.
26. 藤田 恭, 種山 千邦, 河野 直子: 上腹部手術浸襲が壓受容器反射および迷走神經反射に及ぼす影響. *臨床麻酔* 1992; 16: 1393-6.
27. 차영덕, 장경덕, 서정국, 김유재, 심재철, 황영희 등: 노인마취의 임상적 고찰. *대한마취과학회지* 1983; 16: 163-77.