

## 흰쥐에서 혈압조절에 대한 전정기관의 역할

원광대학교 의과대학 내과학교실, 생리학교실\*

박종철 · 박옥규 · 박병림\*

= Abstract =

### The Role of the Vestibular System on the Control of Blood Pressure in Rats

Jong Cheol Park, M.D., Ock Kyu Park, M.D., Byoung Lim Park, M.D.\*

*Department of Internal Medicine and Physiology,\* Wonkwang University School of Medicine, Iri, Korea*

**Background :** The paired vestibular end organs lie within the semicircular canal of the inner ear in the temporal bones. It plays a role on the control of posture through the vestibulo-ocular reflex and the vestibulo-spinal reflex. Motion sickness-like symptoms induced by the abnormal stimulation of the vestibular system suggested that the vestibular system participate in the autonomic nervous function. The present study was carried out to determine the role of the vestibular system on the control of blood pressure by way of the autonomic nervous system.

**Methods :** Blood pressure was measured by means of pressure transducer during stimulation of the vestibular system or following bilateral labyrinthectomies in Sprague-Dawley rats weighing from 200 to 300g.

**Results :**

- 1) Blood pressure was elevated by electrical stimulation of the vestibular nerve.
- 2) Also, the pressure was elevated when the vestibular system was excited or inhibited by rotatory stimulation or galvanic stimulation.
- 3) The pattern of elevation in blood pressure which induced by electrical stimulation of the vestibular nucleus showed a dynamic response at stimulation frequency of 200Hz and a static response at 50Hz.
- 4) Elevation of blood pressure induced by vestibular stimulation was more inhibited following bilateral cervical sympathectomies than following bilateral vagotomies.
- 5) Decreasing the blood pressure induced by positional change of the body was reinforced following bilateral labyrinthectomies.

**Conclusion :** These results suggest that the vestibular system plays a role on the control of blood pressure by way of the autonomic nervous system as well as on the control of posture, therefore, the vestibular system prevents blood pressure from decreasing by positional change of the body.

**KEY WORDS :** Vestibular system · Blood pressure.

## 서 론

내이의 추체부에 위치한 전정기관은 외부의 자극에 반응하여 전정안구반사와 전정척수반사를 초래하므로써 반사적 자세의 조절에 관여함은 널리 알려져 있다<sup>1)</sup>. 즉 전정안구반사는 개체가 회전할 때 안구를 반대방향으로 회전시켜 개체가 움직이는 동안에도 물체의 상을 망막에 고정시켜 위치를 확인하므로써 자세의 조절에 관여하고<sup>2,3)</sup>, 전정척수반사는 전정기관의 자극이 경부근에 작용하여 머리의 위치를 조절하거나 사지근에 작용하여 사지근의 신전이나 굴전을 초래하므로써 자세조절에 관여한다<sup>4,5)</sup>.

전정기관이 비정상적으로 자극되면 오심, 구토, 빈맥 또는 피부창백 등의 동요병과 같은 증상을 초래함은 전정기관이 자세의 조절에 관여할 뿐 아니라 자율신경계의 기능에도 관여함을 의미한다<sup>6,7)</sup>. 자율신경계에 대한 전정기관의 작용에는 많은 이견들이 있다. 즉, 오랜 시간동안 전정기관의 자극은 교감신경을 흥분시키므로써 피부혈관의 수축과 땀의 분비를 증가시키는 자율신경계의 증상을 수반한다는 보고가 있으며<sup>6,7)</sup>, 전정기관을 자극하면 미주신경의 활동성을 증가시켜 위의 수축운동을 항진시킨다는 주장도 있다<sup>8)</sup>. 최근 Yates<sup>9,10)</sup> 등은 전정기관의 자극은 교감신경계를 통하여 혈압의 변동을 초래하는데 약한 자극에 의해서는 혈압의 감소를, 강한 자극에 의해서는 혈압의 증가를 초래한다고 하였다. 이와같이 자율신경계에 대한 전정기관의 작용에는 연구자들 간에 많은 차이를 보이지만 전정기관이 우주비행사, 항해사, 운전사 등에서 자세의 조절에 특히 중요한 역할을 할 수 있음을 고려할 때 혈압조절에 미치는 전정기관의 역할도 정확히 규명되어야 한다.

전정기관은 좌우 양측에 위치하면서 일측의 전정기관이 흥분하면 반대측은 억제되는 기능적 극성(functional polarity)을 가지고 있기 때문에<sup>1,11)</sup>, 자세조절에 있어서는 일측의 근을 수축시키면 길항근 또는 반대측 근을 연체나 이완시킨다. 이러한 전정기관의 특성이 자율신경계의 기능중에서 혈압조절에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 흰쥐를 대상으로 자연상태에서와 유사한 회전자극

을 가했을 때와 복와위의 자세에서 머리의 위치를 상방으로 거상시켰을 때, 또는 전정신경계에 전기자극을 가하거나 양측 전정기관을 파괴하였을 때의 혈압변동을 관찰하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 실험동물

체중 250gm 내외의 건강하고 성숙한 Sprague-Dawley 흰쥐 30마리를 사용하였으며, 특히 전정기능이 정상인 동물을 선택하기 위하여 전정기능검사를 실시하였다<sup>12)</sup>.

### 2. 교감신경과 미주신경의 전기자극

실험동물은 Ketamine 30mg/kg을 복강내에 투여하여 마취하였으며, 필요에 따라 추가 주입하였다. 경부의 전면에서 중앙선을 따라 절개한 후 양측의 경부교감신경과 미주신경을 각각 주위 조직으로부터 분리하여 노출시킨 후 명주실로 묶어서 상단을 절단하였다. 전기자극은 명주실로 묶은 하단에 이극성 백금전극을 연결한 후 구형파 자극기(square wave stimulator)를 이용하여 미주신경은 1~2V, 1.0 ms, 15Hz, 경부교감신경은 1~2V, 1.0ms, 50Hz로 20초간 전기자극하였다.

### 3. 전정기관의 자극

전정신경에 전기자극을 가할 목적으로 경부의 전측부를 절개하여 측두골의 수포(temporal bulla)를 노출시킨 후 원형창(round window) 주위에 미소한 구멍을 뚫어 끝부위를 제외하고 모두 피복된 직경 0.2mm의 동선을 삽입하여 자극용전극으로 하였다. 무관전극은 수포내에서 자극용전극의 주위에 삽입하여 고정하였다. 전기자극은 구형파 자극기를 이용하여 1~2V, 1.0ms, 200Hz의 자극을 가하였다. 또한 전정기관에 galvanic stimulation을 가하기 위하여 실험동물의 양측 측두골 유돌부에 침전극을 삽입한 후 0.5~1mA의 전류를 가하여 우측과 좌측의 전정기관을 차례로 자극하였다<sup>13)</sup>. 전정기관에 회전자극을 가할 목적으로 실험동물을 정현파 회전자극기(sinusoidal rotator)<sup>12)</sup>상에 복와위(prone position)로 고정하여 동물의 수직축을 중심으로 좌우측으로 80~90°의 정현파회전자극을 가하여 주로 수평반구관을 흥분시켰다. 체위의 변

동에 따른 혈압의 변동을 관찰할 목적으로 실험 대상에 복와위로 고정된 후 동물의 좌우측을 중심으로 머리의 위치(head position)를 상방으로 거상시켰다.

#### 4. 전정신경핵의 전기자극

뇌정위장치(stereotaxic instrument)에 실험동물을 고정된 후 뇌정위지도상에서 AP 11.0mm, ML 2.2mm, DV 6.8mm의 위치에 미세조작기를 이용하여 침전극을 삽입하였다<sup>14)</sup>. 삽입한 침전극에 100~300  $\mu$ A, 1.0ms, 50~200Hz의 자극을 가하였을 때 출현하는 안구운동을 관찰하여 침전극의 위치를 간접적으로 추정하였으며<sup>3)</sup>, 혈압의 변동에 미치는 전정신경핵의 작용을 추구하기 위해서는 안구운동을 유발할 수 있는 역치자극강도의 2배 강도로 전정신경핵을 전기자극하였다. 실험후 전극의 위치를 확인할 목적으로 1~2mA의 직류전류를 20초간 통과하여 조직을 손상시킨 후 2% formalin 용액에 고정하여 조직학적으로 확인하였다.

#### 5. 전정기관의 파괴

측두골의 수포를 통하여 원형창을 노출시키고 원형창을 중심으로 수술현미경하에서 원형창을 중심으로 파괴한 후 흡인펌프로 전정신경의 말단부위를 흡인하였으며, 실험후 조직학적 검사에 의하여 전정기관의 파괴유무를 확인하였다.

#### 6. 혈압의 측정 및 분석

고동맥에 canula를 삽입하여 압력 변환기(pressure transducer, Statham)에 연결한 후 polygraph (Sensormedics, R511)상에 기록하였다. 혈압의 분석은 수축기혈압을 중심으로 그 변동을 측정하였으며, 통계처리는 Student t-test를 이용하였다.

### 결 과

1. 혈압에 대한 전정신경의 전기자극 효과와 경부교감신경 또는 미주신경 자극효과의 비교  
마취상태에서 흰쥐의 수축기 혈압은 120mmHg로써 비교적 안정된 상태를 유지하였다. 이 상태에서 혈압의 조절에 관여하는 자율신경계의 역할을 확인하기 위하여 경부교감신경을 전기자극하였을 때는 혈압이 상승하였으며, 미주신경의 전기자극에 의해서는 혈압이 하강하였다. 또한 혈압의 조절에

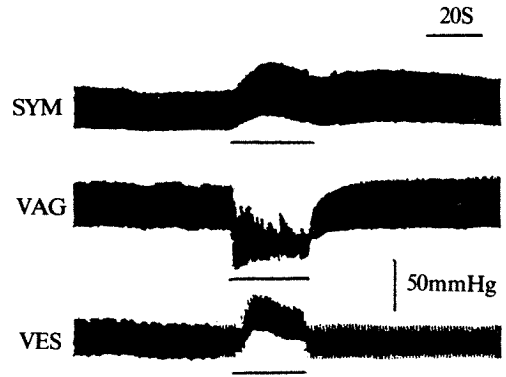
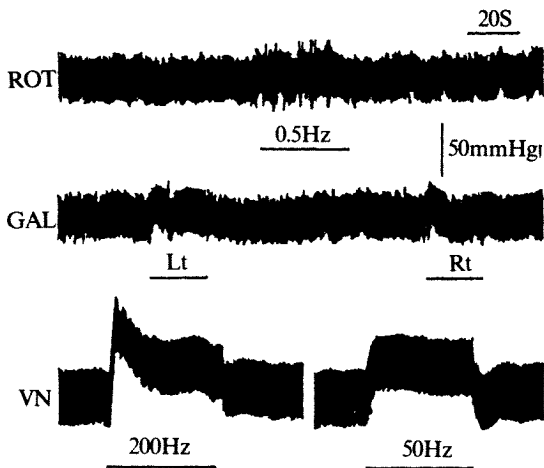


Fig. 1. Effect of electrical stimulation of the sympathetic, vagus, or vestibular nerve on blood pressure in the rat. SYM, electrical stimulation of the right cervical sympathetic nerve at 1.2, V, 1.0ms, 50 Hz; VAG, Stimulation of the right vagus nerve at 1.5V, 1.0ms, 15Hz; VES, stimulation of the right vestibular nerve at 1.0V, 1.0ms, 200Hz; horizontal bars represent the period of electrical stimulation.

관여하는 전정기관의 역할을 추구하기 위하여 전정신경을 전기자극하였을 때는 혈압이 상승하였으며 맥박수도 증가하므로써 교감신경의 자극효과와 유사하였다(Fig. 1).

#### 2. 전정기관 또는 전정신경핵의 자극에 의한 혈압의 변동

자세의 조절에 관여하는 전정기관은 양측의 기능이 정반대로써 기능적 극성을 가지고 있다. 이러한 기능적 극성이 혈압의 조절에 어떻게 관여하는지를 추구하고 전정기관의 물리적 자극이 혈압변동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 동물의 수직축을 중심으로 전신을 좌측이나 우측으로 회전자극하여 주로 좌측이나 우측의 수평반규관 신경을 자극하였다. 좌측이나 우측방향의 회전자극에 의해서 모두 혈압이 약간 상승하였다. 이때 혈압의 상승이 압력변환기가 회전자극에 의해서 영향을 받았는지 확인하기 위하여 압력변환기를 회전자극 기로부터 분리하여 회전력이 전달되지 않는 상태에서 혈압이 상승함을 보여 회전자극에 의한 혈압상승은 전정기관의 자극에 의한 것으로 추리할 수 있었다. 또한 양측 측두골의 유돌부에 음전극을, 두개골 중앙부에 양전극을 삽입하여 1.5초 동안씩 우측과 좌측에 0.5~1mA의 전류를 가하여 우측이나 좌측의 전정신경을 자극(galvanic stimulation)



**Fig. 2.** Changes of blood pressure by stimulation of the vestibular system. ROT, sinusoidal rotation of the whole body at 0.5Hz ; GAL, galvanic stimulation of the left(Lt) or right(Rt) mastoid process at 0.6mA ; VN, electrical stimulation of the right vestibular nucleus at 250 $\mu$ A, 1.0ms, 200Hz or 50Hz. Other notations are the same as in Fig. 1.

하였다. 이때에도 자극의 부위, 즉 우측이나 좌측에 관계없이 혈압이 상승하였다(Fig. 2).

전정계의 상위중추인 전정신경핵에 미세전극을 삽입한 후 전기자극을 가하였다. 전정신경핵에 전기자극을 가하였을 때는 혈압상승 및 맥박수의 증가, 그리고 호흡수의 증가를 초래하였다. 안구 회전을 초래할 수 있는 2배의 자극강도와 1.0ms의 펄스폭으로 50Hz와 200Hz의 자극조건으로 전정신경핵을 자극하였을 때 자극빈도(frequency)에 따라 혈압상승의 양상이 상이하였다. 즉, 200Hz의

자극에 의해서는 자극초기에 강한 혈압상승이 초래된 후 점차 감소되는 순간적인 반응을 보였으나 50Hz에 의해서는 상승된 혈압이 지속적으로 유지되었으며 자극후 원상으로 복귀되는 현상을 보였다. 그리고 전정신경핵의 전기자극에 의한 혈압상승효과는 우측이나 좌측 신경핵의 자극에서 동일한 반응을 보였다(Fig. 2).

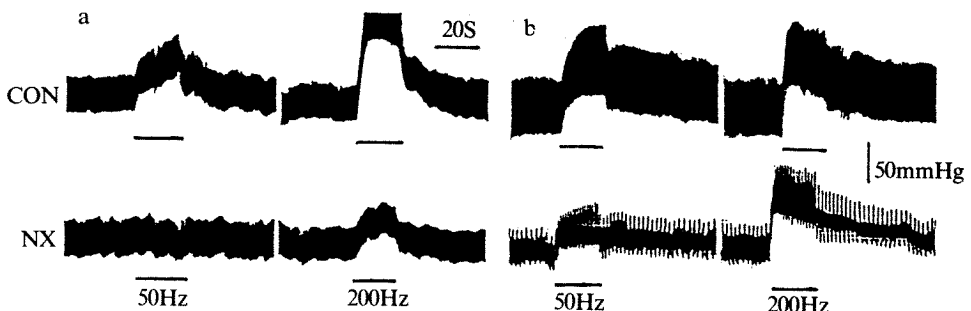
### 3. 양측 미주신경이나 교감신경 절단후 전정신경핵의 전기자극에 의한 혈압변동

전정기관의 자극에 의한 혈압변동이 어떠한 경로를 통하여 조절되는지를 간접적으로 확인하기 위하여 양측의 미주신경이나 또는 양측 교감신경을 절단한 후 전정신경핵을 전기자극하였다. 양측의 교감신경 절단에 의하여 혈압은 약간 하강하였으며, 혈압이 안정된 상태에서 전정신경핵에 전기자극을 가하였을 때 혈압의 상승효과가 교감신경절단 전에 비하여 현저히 감소되어 약한 혈압상승을 초래하였다. 특히 50Hz의 자극에 의해서는 혈압의 변동을 관찰할 수 없었다(Fig. 3-a).

또한, 양측의 미주신경을 절단하면 불안정한 혈압을 유지하였으나 시간이 경과함에 따라 안정상태가 되었으며, 이때 전정신경핵을 자극하면 혈압의 상승효과는 미주신경을 절단하지 않았을 때 비하여서는 미약하지만 교감신경 절단후 보다는 강한 혈압상승을 초래하였다(Fig. 3-b).

### 4. 체위 변동시 혈압조절에 대한 전정기관의 역할

실험동물을 복와위 위치에서 머리의 위치를 상방으로 30°, 60°, 90° 거상시켰을 때 혈압은 순간



**Fig. 3.** Effect of electrical stimulation of the vestibular nucleus on blood pressure following bilateral vagotomies or sympathectomies. CON, electrical stimulation of the left vestibular nucleus at 250 $\mu$ A, 1.0ms, 50Hz or 200Hz ; NX, stimulation of the left vestibular nucleus at the same parameters as CON following bilateral sympathectomies(a) or vagotomies (b). Other notations are the same as in the previous figures.

적으로 하강하였으며 두위를 거상시킨 상태로 지속하면 혈압의 하강효과는 점차 감소하였고, 두위의 거상정도가 증가할수록 혈압의 하강효과는 증가하였다. 그후 두위를 원위치로 복귀시키면 혈압의 하강효과는 소실되었다. 이러한 체위의 변동시 혈압조절에 관여하는 전정기관의 역할을 추궁하기 위하여 양측 전정기관을 절제한 후 두위를 변동시켰을 때 혈압의 변동을 관찰하였다. 두위를 30° 거상시키면 정상동물에서는 혈압의 변동을 관찰할 수 없었지만 양측 전정기관을 절제한 동물에서는 혈압이 현저하게 하강하였으며( $P<0.05$ ), 60°, 90°의 거상에 의해서도 양측 전정기관 절제동물에서 유의한 혈압의 하강을 초래하였다( $P<0.05$ )(Fig. 4,

5).

## 고 안

전정기관의 손상은 오심, 구토, 발한, 피부창백 및 빈맥 등의 자율신경계 증상을 초래하지만<sup>6,7)</sup>, 이러한 자율신경계의 증상중에서 혈압이 전정기관과 어떠한 관계를 갖는지에 관한 연구는 많지 않다. 혈압은 여러가지 다른 요인들에 의하여 쉽게 영향을 받기 때문에 자율신경계의 기능에 대한 전정기관의 역할을 추궁하는 데는 많이 사용되지 않았다<sup>15)</sup>. 그러나 본 연구에서는 전정기관이 혈압에 미치는 역할을 추궁하기 위해서 가능한 범위내에서 전정

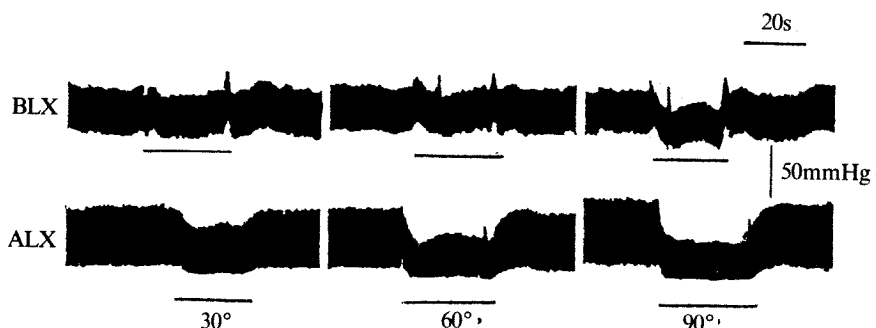


Fig. 4. Changes of blood pressure induced by head up position before (BLX) and after (ALX) bilateral labyrinthectomies. Horizontal bars represent the period of head up position.

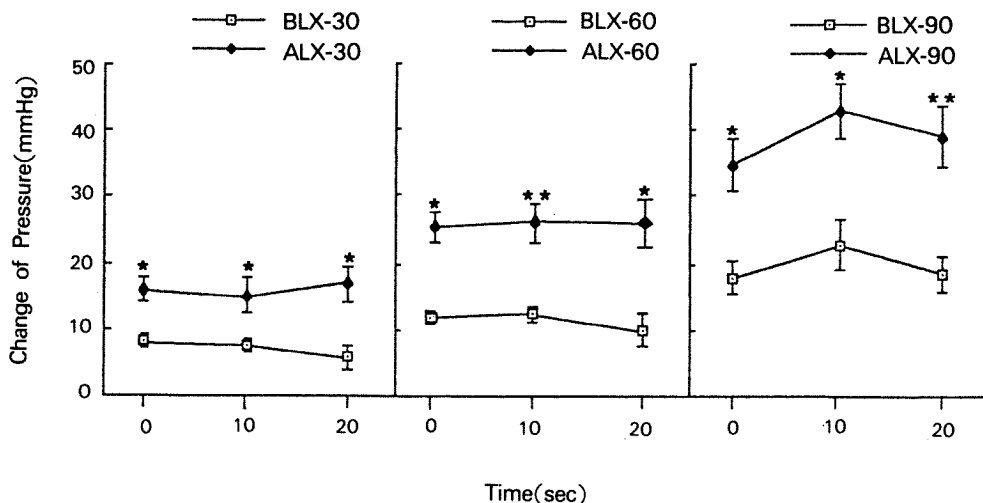


Fig. 5. Changes of blood pressure induced by head up position in course of time before and after bilateral labyrinthectomies. BLX-30, 60, 90, head up position at 30°, 60°, 90°, respectively, before labyrinthectomy; ALX-30, 60, 90, head up position at 30°, 60°, 90° respectively, after labyrinthectomy. The number of rats in each group is 9. Values are means  $\pm$  SE. \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ .

기관만을 선택적으로 자극하는 방법을 이용하였다. 즉, 마취된 상태에서 전정신경이나 전정신경핵의 선택적인 전기자극, 측두골 유돌부의 galvanic stimulation, 또는 전정기관의 파괴법등을 이용하였다.

전정신경을 전기자극하였을 때 맥박수의 증가와 동시에 혈압이 상승함으로써 교감신경과 유사한 효과를 초래하였다. 이때 우측이나 좌측의 어느 전정신경을 자극하여도 혈압변동효과는 동일하였다. 그러나 전정기관은 구조적 극성(morphological polarity) 때문에 자세의 조절에 있어서 양측의 전정기관이 상호 반대적인 기능을 갖는다는 기능적 극성(functional polarity)을 고려하면<sup>11)</sup>, 목적 장기가 하나인 심장에는 양측 전정기관이 동일한 기능으로 작용할 것인지 또는 전정기관의 특성인 기능적 극성으로 상호 반대적으로 작용할 것인지를 확인하기 위하여 일측의 전정기관만을 자극할 수 있는 방법들을 사용하였다. 즉, 실험동물의 수직축을 중심으로 좌측으로 회전시켜 좌측의 전정기관을 흥분시키면 이때 우측 전정기관은 억제되며, 우측의 회전자극에 의해서 우측 전정기관이 흥분되면 좌측 전정기관은 억제됨으로써 자세조절에 있어서 일측의 근을 흥분시키면 반대측이나 또는 길항근을 억제시킨다. 그러나 혈압조절에 있어서는 우측이나 좌측의 어느 방향으로 회전자극을 가하여 우측이나 좌측의 전정기관을 흥분시켰을 때에도 혈압은 상승하였다. 이러한 회전자극의 경우에서 스트레스나 체내에 미치는 물리적 회전력 등의 요인을 배제하기 위하여 마취상태에서 측두골 유돌부에 직류전류를 가하는 galvanic stimulation 방법으로 우측이나 좌측에 음전류를 가하여 우측이나 좌측의 전정기관을 흥분시켰을 때<sup>16)</sup> 혈압이 모두 상승하였다. 또한 우측이나 좌측의 전정신경핵에 전기자극을 가하여 각 전정신경핵을 흥분시켰을 때에도 모두 혈압이 상승하였다. 이러한 결과는 자세의 조절에서 양측 전정기관이 상호 반대적으로 작용하는 기능적 극성을 갖는다는 특성과는 상이하게 혈압조절에서는 양측 전정기관이 동일하게 작용하여 혈압을 상승시킴을 시사하는 것이다.

전정신경핵에 직접 전기자극을 가했을 때 자극강도를 증가시키기에 따라 혈압의 상승효과가 증가되었으며, 또한 자극주파수에 따라 혈압의 상승효과도 변하였다. 즉, 200Hz의 자극에 의해서는 자극

직후 혈압이 현저하게 상승하여 점차 감소되는 순간적인 반응을 보였으나, 50Hz의 자극에 의해서는 혈압상승효과는 200Hz보다 약하였으나 자극이 지속되는 동안에 상승된 혈압이 지속적으로 유지되었다. 이러한 결과는 전정기관이 자세의 조절에 관여하는 골격근에 작용할 경우 200Hz가 가장 적합하다는 보고<sup>17)</sup>와는 차이가 있다고 할 수 있다.

전정기관의 자극에 의한 혈압의 상승효과가 어떠한 신경로를 통하여 이루어지는가를 확인할 목적으로 양측의 경부교감신경이나 미주신경을 절단한 후 전정신경핵을 자극하였을 때 혈압변동을 관찰하였다. 양측 경부교감신경 절단후 신경핵을 자극하면 혈압의 상승효과가 경부교감신경 절단 전에 비하여 현저하게 감소되었다. 또한 양측 미주신경의 절단 후에는 전정신경핵의 자극에 의한 혈압상승효과가 큰 영향을 받지 않는 것으로 미루어 보아 전정기관에 의한 혈압의 조절은 미주신경보다는 교감신경을 통하여 이루어질 것으로 추리할 수 있으나 보다 정확한 증거를 얻기 위해서는 미주신경이나 교감신경으로부터 전기적인 세포활동을 측정해야 할 것이다.

체위변동시 혈압의 조절에 관여하는 전정기관의 역할을 추구하기 위하여 실험동물의 체위를 변동하여 머리를 거상시켰을 때 혈압의 변동을 초래하였다. 체위를 30°에서 90°로 증가하여 거상시키기에 따라 거상 정도에 비례하여 혈압의 하강을 초래함으로써 체위성 저혈압(orthostatic hypotension)현상을 보였다. 그러나 양측 전정기관을 절제한 후 체위를 변동시켰을 때는 혈압의 하강효과가 유의하게 증강되었다. 즉, 정상동물에서는 30°의 체위변동에서는 혈압변화가 거의 없었으나 양측 전정기관을 절제한 후에는 혈압의 하강이 현저하게 출현하였다. 이는 전정기관의 자극이 혈압의 상승을 초래한다는 점을 고려하면 체위의 변동 때 하강하는 혈압을 전정기관이 관여하여 하강효과를 감소시킴으로써 체위성 저혈압현상을 최소화시킬 것으로 추리된다.

이와 같이 전정기관은 전정안구반사나 전정척수반사 등을 통하여 자세의 조절에 관여할 뿐 아니라 자율신경계에 작용하여 혈압을 상승시키므로써 체위의 변동에 의한 혈압의 하강을 억제시키는 기능을 갖는 것으로 사료된다.

## 요 약

### 연구배경 :

내이의 추체부에 위치한 전정기관은 외부의 자극에 반응하여 전정안구반사와 전정척수반사를 초래함으로써 반사적 자세의 조절에 관여함은 널리 알려져 있다. 또한 전정기관이 비정상적으로 자극되었을 경우 나타나는 동요병과 같은 증상을 초래함은 자율신경계의 기능에도 관여함을 의미한다. 자율신경계의 기능에 대한 전정기관의 역할로써 혈압의 조절에 미치는 영향을 추구하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

### 방 법 :

혈압의 조절에 관여하는 전정기관의 역할을 추구하기 위하여 체중 250g 내외의 Sprague-Dawley계 흰쥐에서 전정기관을 자극하거나 절제한 후 혈압의 변동을 측정하였다.

### 결 과 :

1) 전정신경의 전기자극에 의하여 혈압은 상승하였다.

2) 회전자극법이나 galvanic stimulation을 이용하여 일측 전정기관은 흥분시키고 반대측은 억제시켰을 때도 혈압은 상승하였다.

3) 전정신경핵을 전기자극하면 혈압은 상승하였으며, 200Hz의 자극에 의해서는 순간적인 혈압상승효과를, 50Hz에 의해서는 지속적인 상승효과를 초래하였다.

4) 전정기관의 혈압상승효과는 양측 미주신경 절단후보다 양측 경부교감신경의 절단후 현저하게 감소하였다.

5) 체위변동에 의한 혈압의 하강효과는 양측 전정기관 절제후 유의하게 증가하였다.

### 결 론 :

이상의 실험결과로 전정기관이 자세의 조절에 관여할 뿐 아니라 자율신경계에 작용하여 혈압을 상승시킬 수 있으므로 체위의 변동으로 인한 혈압의 하강을 억제시킬 것으로 사료된다.

## References

1) Wilson VJ, Melvill Jones G : *Mammalian vestibular*

*lar physiology*. Plenum, New York & London, 1979

- 2) Cohen B, Suzuki J, Bender MB : *Eye movement from semicircular canal nerve stimulation in the cat*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 73 : 153-169, 1964
- 3) Kim JH, Park BR, Park CS : *Studies on the interrelationship between the vestibular semicircular canals and the extraocular muscles in rabbits and cats*. *Korean J Physiol* 21 : 91-101, 1987
- 4) Wilson VJ, Peterson BW : *Vestibulospinal and reticulospinal systems*. In : *Handbook of physiology*, edited by VB Brooks. American Physiological Society, Washington DC, 1981, pp667-702
- 5) Wilson VJ, Schor RH, Suzuki JI, Park BR : *Spatial organization of neck and vestibular reflexes acting on the forelimbs of the decerebrate cats*. *J Neurophysiol* 55 : 514-526, 1986
- 6) Money KE : *Motion sickness*. *Physiol Rev* 50 : 1-39, 1970
- 7) Brobeck JR : *Best and Taylor's physiological basis of medical practice*. The Williams and Wilkins Co, Baltimore, 1979, pp2-116
- 8) Ito J, Honjo I : *Central fiber connections of the vestibulo-autonomic reflex arc in cats*. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 110 : 379-385, 1990
- 9) Yates BJ, Yamagata Y : *Convergence of cardiovascular and vestibular inputs on neurons in the medullary paramedian reticular formation*. *Brain Res* 513 : 166-170, 1990
- 10) Yates BJ : *Vestibular influences on the sympathetic nerve system*. *Brain Res Rev* 17 : 51-59, 1992
- 11) Park BR : *Functional polarity of the posterior semicircular canal in rabbits*. *Chonnam Med J* 16 : 243-252, 1979
- 12) Park BR, Park HA : *A study of the sinusoidal head rotator*. *Chonnam Med J* 25 : 1-6, 1988
- 13) Watanabe Y, Ino H, Ohi H, Ohashi N, Kobayashi H, Mizukoshi K : *Clinical evaluation of vestibular somatosensory interactions using galvanic body sway test*. In : *The vestibular system : Neurophysiology and clinical research*, edited by Graham MD & Kemink JL, Raven Press, New York, 1987, pp393-399
- 14) Paxinos G, Watson C : *The rat brain in stereotaxic coordinates*. Academic Press, New York, 1986
- 15) Ishikawa T, Miyazawa T : *Sympathetic responses evoked by vestibular stimulation and their intercon-*

- nections with somatosympathetic reflexes. J Auton Nerv Syst 1 : 243-254, 1980*
- 16) Tokita T, Ito Y, Takagi K : *Modulation by head and trunk positions of the vestibulo-s pinal reflexes evoked by galvanic stimulation of the labyrinth. Acta Otolaryngol(Sockh) 107 : 327-332, 1989*
- 17) Kim JH, Partridge LD : *Observation of types of response to combination of neck, vestibular and muscle stretch signals. J Neurophysiol 32 : 239-250, 1969*