

# 家兔 및 家猫에 있어서 前庭半規管과 外眼筋의 相關性에 關한 研究

全南大學校 醫科大學 生理學教室

金 在 浹 · 朴 炳 林 · 朴 哲 淳

(1987년 6월 18일 접수)

= Abstract =

## Studies on the Interrelationship between the Vestibular Semicircular Canals and the Extraocular Muscles in Rabbits and Cats

Jeh Hyub Kim, Byung Rim Park and Chul Soon Park

*Department of Physiology, Chonnam University Medical School  
Kwangju, Korea*

The present experiment was carried out, in the rabbit and cat, in order to explore functional interrelationship between the vestibular semicircular canals and extraocular muscles, which are involved in the vestibulooculomotor reflex as the receptor and effector organ respectively. Semicircular canals were subjected to electrical stimulation, lymphatic fluid flow or acute freezing, and responses of the extraocular muscles were recorded in terms of changes in electromyographic activity and isometric tension.

Electrical stimulation of a unilateral canal elicited contraction of the superio-medial muscle group (superior oblique, superior rectus and medial rectus muscles) in the ipsilateral eye and the inferio-lateral muscle group (inferior oblique, inferior rectus and lateral rectus muscles) in the contralateral eye. Thus a simple and distinct axiom was found in the pattern of the reflex-response of the extraocular muscles. Inhibition of the unilateral canals elicited the extraocular muscle responses contrary to those observed by excitation of the canal.

Based on the present experimental results, it was demonstrated that the functional interrelations between the semicircular canals and extraocular muscles are rather equivalent in the frontal eyed cats (with binocular vision) and lateral eyed rabbits (with monocular vision). Therefore the previous thesis that the vestibuloocular relations vary from species to species awaits experimental reevaluation.

**Key Words:** Vestibuloocular relation, Vestibuloocular reflex, Eye movements, Extraocular muscles, Semicircular canals

### 緒 論

개체가 회전할 때 角加速을 받으면 회전축에 따라

• 이 논문은 1986년도 문교부 자유과제 학술연구 조성비에 의하여 연구 되었음.

前庭의 일정한 半規管이 작용하여 眼球의 반사적 회전운동이 야기되는데 이를 前庭眼球反射라 하며 이는 물체의 영상을 망막의 일정 부위에 고정시킴으로써 회전중 지속적으로 시력을 유지시키기 위한 자체 조절작용의 일환으로 간주되고 있다(Jonkees & Hulk, 1950; Ito et al, 1973; Cohen, 1974; Wilson,

1975; Baloh et al, 1982).

이 반규관 작용으로 야기되는 전정안구반사를 위한 신경기구의 본태를 파악하기 위하여는 각 반규관을 선별적으로 자극하여 흥분시키거나 억제시키고 이 때 眼球運動系에서 외안근의 반응을 관찰함으로써 수용기인 각 반규관과 효과기인 각 외안근간의 기능적 연결성을 일일히 추구할 필요가 있다(Suzuki et al. 1964; Kim, 1974; Kim, 1976; Kim, 1977).

이러한 목적을 위해서는 Szentagothai(1950)의 개척적이며 기초적인 연구에 이어 많은 연구자들의 보고가 있었으며 그중 Cohen et al(1964, 1965)은 주로 家猫(양안시성 동물)에서 광범한 연구를 통하여 많은 지견을 발표하였는데 이는 이 분야의 연구 논문에 널리 인용되고 있다. 또한 본 교실의 Kim(1974, 1976, 1977)은 家兔(단안시성 동물)에서 각반 규관 신경 흥분으로 야기되는 외안근의 반응을 종합하여 반규관과 외안근간의 기능적 상관성을 제시한 바 있으며 이를 Cohen et al(1964, 1965)의 家猫에서의 보고와 비교할 때 상당한 차이가 있음을 지적하였다. 한편 Suzuki et al(1964)은 양안시성 동물인 家猫와 단안시성 동물인 家兔에서 동일한 반규관신경 자극에 따라 야기되는 안구운동의 방향이 상호일치하지 않음을 지적하였고 이 양 동물간에는 前庭眼球關係(vestibuloocular relation)에 차이가 있을 뿐 아니라 일반적으로 동물의 종에 따라 전정안구관계에 차이가 있으리라 추론하였다.

최근 이에 반하여 일부 학자들(Graf & Simpson, 1981; Simpson & Graf, 1981)은 상이한 종의 동물간에서 전정안구관계가 오히려 동일할 것임을 주장한 바 있고 Kim(1974, 1977)은 Cohen et al(1964, 1965)의 家猫에서의 실험결과를 檢討하여 이론적인 모순이 있음을 지적함으로써 그들의 실험결과에는 실험적 오류가 있으리라 추리하였고 나아가 家猫와 家兔에서도 반규관과 외안근을 연결하는 전정안구관계는 오히려 동일하리라 보았다.

家兔에서는 각 骨性半規管을 노출시켜 식별할 수 있으므로 각 반규관의 선별적인 자극이 가능하나(Kim, 1968), 家猫에서는 모든 골성반규관이 側頭骨의 추체내부에 위치함으로써 각 반규관의 선별적 자극이 대단히 곤란함이 알려져 있으며(Tokumasu, 1971), 따라서 이 동물을 사용한 실험에서는 각 반

규관의 선별적 자극에 있어서 오류가 있을 여지도 있다.

저자들은 家猫에서 골성반규관중 後半規管의 팽대부는 他半規管의 그것과 상당히 격리되어 있음에 착안하여 이 후반규관(팽대부)만을 노출시키고 이 반규관의 신경을 전기 자극하거나, 後半規管内液의 유동을 일으켜 자극하는 술기를 통하여 후반규관과의 안근과의 기능적 관계를 추구할 수 있었으며 아울러 家兔에서의 실험과 비교하여 이 양종 동물에서 전정안구관계에 차이가 있는지를 검토해보았고, 또한 전정반규관의 억제적 효과를 일으킬 목적으로 일측 반규관을 급속히 냉동시켰을 때의 외안근 반응을 관찰하여 전술한 각 반규관의 흥분적 효과와 비교해 봄으로써 의의 있는 결과를 얻었기에 발표한다.

## 實驗方法

### 1. 실험동물 및 마취

성숙하고 건강한 家兔(1.5~2.5 kg) 20두와 家猫(2.0~3.5 kg) 20두를 암수의 구별없이 사용하였으며 특히 전정기능이 정상인 동물을 사용하기 위하여 고정 대상에 동물을 고정하여 회전시킨 후 안진을 관찰하여 비정상적인 전정기능을 갖는 동물은 실험에서 제외하였다. 동물은 체중 kg당 1g의 urethane을 이개 정맥내에 주입하여 마취하였으며, 필요에 따라 소량의 urethane을 복강 내에 추가 투여하였다.

### 2. 前庭半規管의 노출 및 전기자극

家兔는 伏臥位로 고정하고 家猫는 背臥位로 고정된 상태에서 Anderson & Gernandt(1956)의 방법에 따라 중이에 접근하여 고막, 고막장근, 이소골 등을 제거한 후 반규관을 노출하여 반규관 팽대부내에 Kim(1968)의 방법에 따라 미세한 단전극을 삽입하여 paraffin으로 고정하여 두고 자극용 전극으로 하였으며, 다른 하나의 침전극을 경부근내에 삽입고정시켜 두고 무관전극으로 하였다. 전기자극은 0.1 msec의 구형파를 240 Hz의 빈도로 가하였으며, 그 자극강도는 역치의 1.5~3.0배의 범위내에서 임의로 조절하였다(Kim & Partridge, 1969).

### 3. 半規管内 液의 유동

본 교실의 Lee(1974)에 의하여 시도된 반규관내 액 유동법을 사용하였다. 즉 골성반규관벽에 누공을 만들고 이 누공을 통하여 27 G 주사침의 일부를 절단하여 만든 cannula를 팽대부 방향으로 삽입하여 고체 paraffin으로 고정하고 이 cannula에 polyethylene catheter로써 Hamilton microsyringe(50 ul, Hamilton Co.)를 연결하여 두고 1-2 ul의 관내액을 팽대부측으로부터 흡출시켜 ampullofugal flow를 일으키거나, 팽대부를 향하여 주입하여 ampullopetal flow를 일으켰다.

### 4. 半規管的 급속냉동

노출시켜둔 전정기관에 소형압축 Freon(CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) 분사기를 사용하여 gas를 분사시켜 급속하게 냉동시켰다(Suh, 1975). 이때 분사기에서 배출되는 Freon gas는 가늘고 긴관을 통과하도록 하여 gas가 일정 부위에만 집중되도록 하였으며 분사압에 의한 전정기관의 물리적 자극은 배제하였다. Freon gas를 피부나 연조직에 분사하면 그 표면온도가 -40°C까지 하강함이 알려져 있다.

### 5. 외안근의 장력 및 근전도

동물을 伏臥位로 고정시켜두고 안점을 절제한후 안구를 천자파괴하여 내용물을 제거하고 모든 외안근을 노출시켰다. 안근의 반응을 기록할 때는 각 안근을 안구 부착부에서 명주실로 묶어 절단하고 Isometric force transducer에 연결하여 안근의 수축이나 이완으로 발생하는 장력의 변화를 기록하였다(Barmack et al. 1971). 또한 안근의 근전도를 기록할 때는 Basmajian(1972), Basmajian & Stecko(1972)의 방식에 따라 안근의 근복내에 한쌍의 미세한 침전극을 삽입 고정시켜두고 근전도용 High gain preamplifier에 연결하여 근활동성을 증폭한후 Physiograph(Narco Biosystems Co.)상에 기록하였으며, 이때 time constant는 0.03 sec로 하였다.

### 6. Integrated EMG

근전도반응을 기록함에 있어서 근활동성의 변화를 보다 용이하게 판단하기 위하여 때로는 integrated

EMG를 동시에 기록하였다. 즉 근전도용 preamplifier에 EMG integrator coupler(Narco Biosystems Co.)를 연결하여 integrated EMG를 기록하였으며 근의 활동성이 증가될 때는 곡선이 상승하고, 감소될 때는 곡선이 하강하도록 하였다.

## 實驗成績

### 1. 家兎 외안근의 半規管神經 電氣刺戟에 대한 반응

家兎에서 일측 眼의 길항근대(상직근과 하직근, 내직근과 외직근, 상사근과 하사근)를 택하여 그 장력과 근전도를 동시에 기록하면서 前, 後 및 水平半規管神經을 각각 전기자극하여 흥분시키고 이에 대한 반응을 관찰하여 보았다. 먼저 반대측의 전, 후, 수평반규관신경을 자극하여 흥분시켰을 때 상직근, 내직근 및 상사근의 활동전위는 그 진폭(amplitude)과 빈도(frequency)가 감소하였으며 이에 일치하여 근장력곡선이 하강함으로써 억제적인 반응(이완)을 보였고, 반대로 하직근, 외직근 및 하사근은 활동전위의 진폭과 빈도가 증가하였으며 장력곡선은 상승함으로써 흥분적인 반응(수축)을 보였다. 또한 동측의 전, 후 및 수평반규관신경을 전기자극하였을 때는 이들 안근의 반응이 역전됨을 볼 수 있었다. 즉 상직근, 내직근 및 상사근은 흥분적 반응을, 하직근, 외직근 및 하사근은 억제적 반응을 보였다.

Fig. 1은 家兎에서 일측 眼 상, 하직근대의 반대측 반규관신경 전기자극에 대한 반응을 나타낸 것으로, 우측안 상직근(RSR)과 하직근(RIR)의 장력(T)과 근전도(E)를 동시에 기록하면서, A는 좌측 전반규관신경자극(LAC), B는 좌측 후반규관신경자극(LPC), C는 좌측 수평반규관신경자극(LHC)에 대한 반응을 각각 나타낸다.

### 2. 家猫 외안근의 後半規管神經 전기 자극에 대한 반응

家猫의 일측 眼에서 안근의 각 길항근대의 반응을 동시에 기록하면서 後半規管神經 전기자극에 대한 반응을 관찰하였다. 즉 상하직근, 내외직근, 또는 상하사근의 반응을 각각 동시에 기록하면서 동측이나

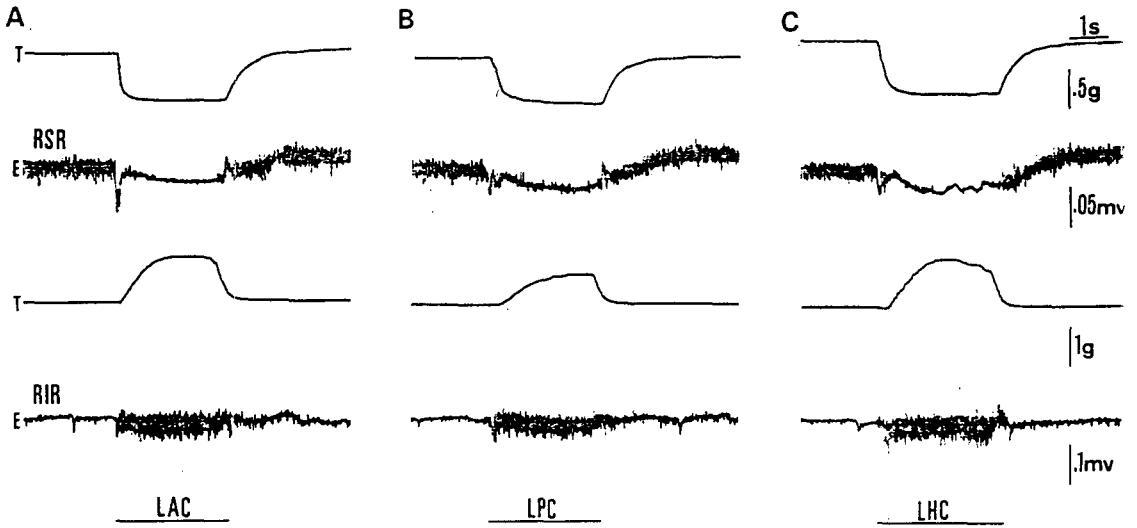


Fig. 1. Responses of the vertical rectus muscle pair to stimulation of the contralateral canal nerves in rabbits. A, stimulation of the left anterior canal nerve (LAC); B, left posterior canal nerve (LPC) ; C, left horizontal canal nerve (LHC) ; RST, right superior rectus muscle ; RIR, right inferior rectus muscle ; E, electromyographic activity ; T, electromyographic tension. The horizontal lines represent stimulation period. Intensity of the stimulation was varied arbitrarily to obtain adequate amplitude of the responses, and frequency and duration of the square waves were fixed at 240Hz and 0.1 msec respectively.

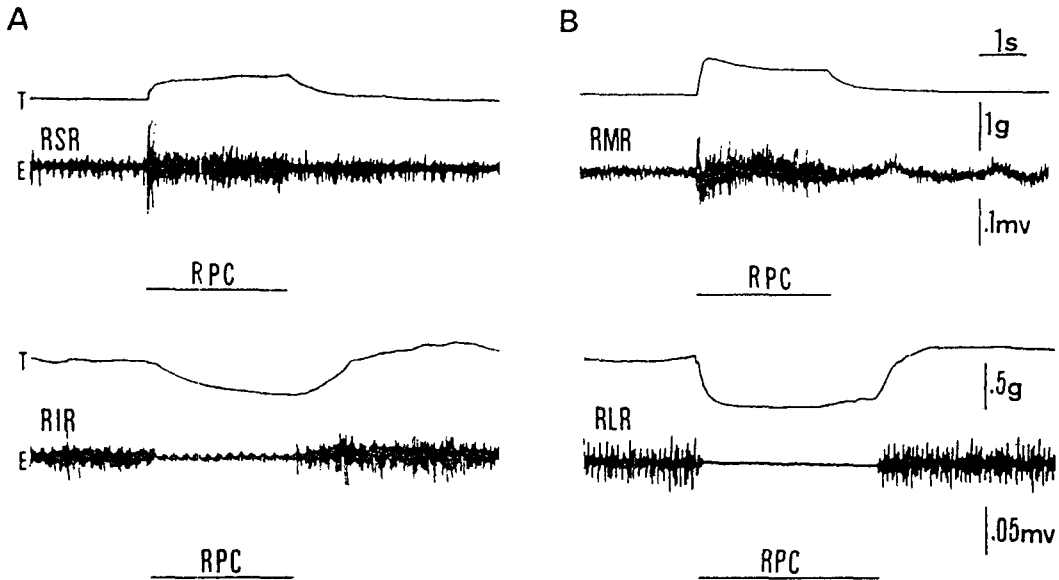


Fig. 2. Responses of the rectus muscle pair to stimulation of the ipsilateral posterior canal nerve in cats. A, responses of a vertical rectus muscle pair ; B, responses of a horizontal muscle pair ; RSR, right superior rectus muscle ; RIR, right inferior rectus ; RMR, right medial rectus ; RLR, right lateral rectus ; RPC, right posterior canal nerve. Other notations are the same as those in the Fig. 1.

반대측에서 후반규관신경을 전기자극하고 이에 대한 반응을 관찰하여 보았다. 동측 후반규관신경자극으로 상직근, 내직근 및 상사근은 흥분적 반응을, 하직근, 외직근 및 하사근은 억제적 반응을 보였으며, 반대측 후반규관신경을 자극하였을 때는 이들 안근의 반응이 역전되어 나타남을 볼 수 있었고, 家兎에서 후반규관신경을 자극했을 때의 안근반응과 비교할 때 모두 일치함을 볼 수 있었다.

Fig. 2는 家猫의 일측안에서 상하직근 및 내외직근의 반응을 각각 동시에 기록하면서 동측 후반규관신경을 자극했을 때의 반응을 나타낸다. A는 우측안 상직근(RSR)과 하직근(RIR)에 대한 동측 후반규관신경(RPC)의 자극효과를 나타내며, B는 우측안 내직근(RMR)과 외직근(RLR)에 대한 동측 후반규관신경(RPC) 자극에 대한 반응을 나타낸다. 안근의 반응양상을 볼 때 상직근과 내직근이 동일한 반응을 보이고 또한 하직근과 외직근이 동일한 반응을 보임을 알 수 있다.

### 3. 家猫 외안근의 後半規管內液變位에 대한 반응

半規管을 보다 생리적인 방법으로 자극했을 때 의

안근의 반응을 관찰하고자 家猫에서 後半規管의 內液變位를 일으키고 이때 외안근의 반응을 관찰하였다. 垂直半規管의 수용기는(水平半規管과는 반대로) ampullofugal flow에 의하여 흥분하고 ampullopetal flow에 의하여 억제됨이 알려져 있으므로 이 반규관신경의 전기자극에 대한 안근반응과 비교하여 보았다. Ampullofugal flow에 의하여 동측 안의 내직근, 상직근 및 상사근은 흥분적 반응을 보였고 외직근, 하직근 및 하사근은 억제적 반응을 보였으며 반대측 안에서는 이들 안근의 반응이 역전되어 나타남을 볼 수 있었다. 또한 ampullopetal flow에 의해서는 ampullofugal flow에 의한 반응과 정반대로 역전되었다. 이와같은 결과를 第2項의 반규관신경의 전기자극에 대한 안근반응과 비교해 볼 때 후반규관의 ampullofugal flow에 의한 반응이 전기자극에 의한 반응과 동일한 양상임을 알 수 있었다.

Fig. 3은 家猫에서 좌측 후반규관(LPC)에 내액변위를 일으켰을 때이며, A는 동측안 외직근(LLR)의 근전도반응을, B는 반대측안 내직근(RMR)의 반응을 나타낸다. 후반규관의 ampullofugal flow(Af)에 의하여 양근은 모두 억제적인 반응을, ampullopetal flow(Ap)에 의하여 모두 흥분적인 반

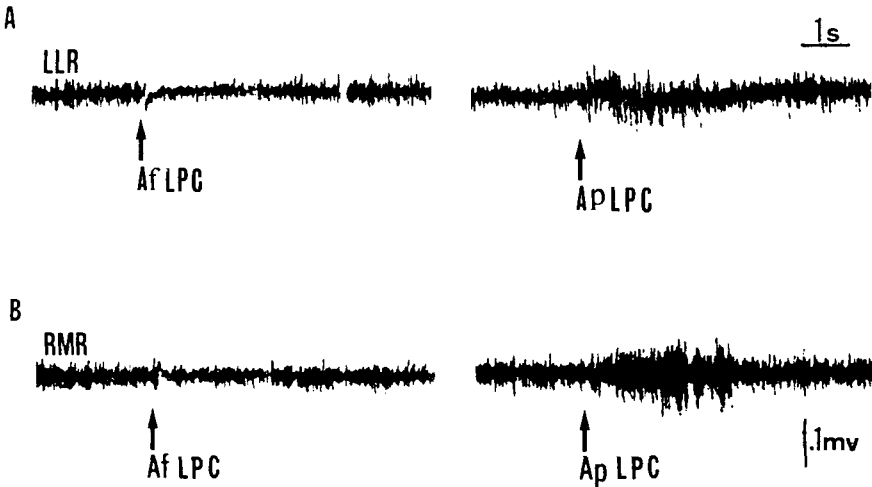


Fig. 3. Responses of a conjugate (horizontal rectus) muscle pair to lymphatic fluid displacement in a posterior canal in cats. A, responses of the left lateral rectus muscle (LLR) to ampullofugal flow ( $\uparrow$  Af) and ampullopetal flow ( $\uparrow$  Ap) in the ipsilateral (left) posterior canal (LPC); B, responses of the right medial rectus muscle (RMR) to the bidirectional flow ( $\uparrow$  Af &  $\uparrow$  Ap) in the same posterior canal (LPC). Other notations as in the previous figures.

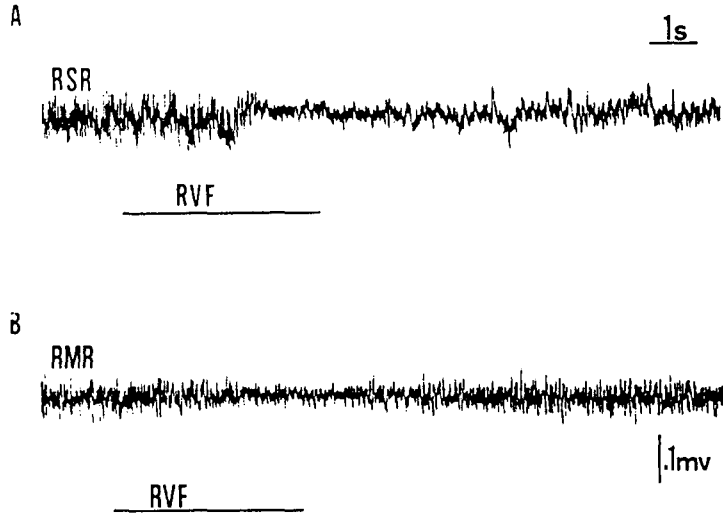


Fig. 4. Responses of the unilateral rectus muscles to acute freezing applied to the ipsilateral vestibular organ in rabbits. A, response of the right superior rectus muscle (RSR); B, response of the right medial rectus muscle (RMR); RVF, acute freezing applied to the right vestibular organ. The horizontal lines indicate the periods of spraying Freon-gas.

응을 보임으로 내액변위의 방향이 바뀌어지면 안근의 반응도 역전됨을 알 수 있고 또한 일측 내직근과 반대측 외직근은 공액근으로서 항상 동일한 반응양상을 나타냄을 볼 수 있다.

#### 4. 家兔 일측 前庭器管의 급속냉동에 대한 외안근의 반응

前庭半規管에 대한 전기자극은 반규관 수용기의 흥분적인 효과만을 초래하고, 내액변위법은 흥분적인 효과와 억제적인 효과를 초래할 수 있으나, 급속냉동법은 억제적인 효과만을 초래할 수 있다. 그러나 이 급속냉동법은 개개의 반규관에 선별적으로 적용시키기 곤란하므로 일측 前庭器管에 전체적으로 적용하였다. 이때의 반응은 비교적 느리게 나타났으나 상당히 오랜동안 지속되는 반응양상을 보였다.

家兔에서 일측 前庭器管을 급속냉동하였을 때 동측의 상직근, 상사근 및 내직근과 반대측의 하직근, 하사근 및 외직근은 억제적인 반응을 보였으며, 동측의 하직근, 하사근 및 외직근과 반대측의 상직근, 상사근 및 내직근은 흥분적인 반응을 보임으로써 반규관의 전기자극에 의한 효과와는 정반대 양상을 보

였다.

Fig. 4는 家兔에서 우측 전정기관의 급속냉동(RVF)에 의한 동측 상직근(RSR) 및 내직근(RMR)의 반응을 각각 기록한 것으로 근활동성이 모두 감소되는 억제적 반응을 보여주며, 급속냉동을 시작한 후 반응이 서서히 출현하고 상당히 지속됨을 볼 수 있다.

#### 5. 家猫 일측 前庭器管의 급속냉동에 대한 외안근의 반응

전항(家兔)의 일측 전정 급속냉동에 대한 반응과 비교할 목적으로 家猫에서 일측 前庭器管을 급속냉동시킨 후 외안근의 반응을 관찰하였다. 일측 전정기관의 급속냉동에 의하여 동측안의 상직근, 상사근 및 내직근과 반대측안의 하직근, 하사근 및 외직근은 억제적 반응을 보였고, 동측안의 하직근, 하사근 및 외직근과 반대측안의 상직근, 상사근 및 내직근은 흥분적 반응을 보임으로써 第4項의 실험(家兔)에서의 안근반응과 비교할 때 모두 일치되는 반응양상을 볼 수 있었고, 또한 第2項의 실험(家猫에서의 전기자극)에서의 안근반응과 비교하면 정반대의

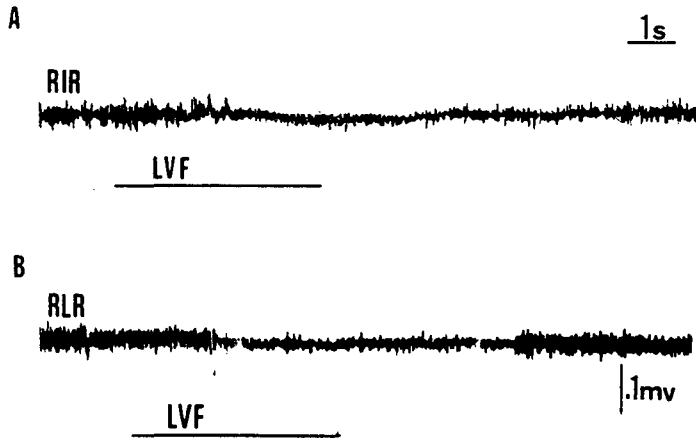


Fig. 5. Responses of the unilateral rectus muscles to acute freezing applied to the contralateral vestibular organ in cats. A, response of the right inferior rectus muscle (RIR); B, response of the right vestibular organ. The horizontal lines indicate the periods of spraying Freon-gas.

반응양상임을 알 수 있었다.

Fig. 5는 家猫에서 좌측 前庭器管의 급속냉동(LVF)에 대한 반대측 하직근 및 외직근(RIR & RLR)의 반응을 각각 기록한 것으로 근활동성이 모두 감소되고, 반응이 오랜동안 지속됨을 알 수 있다.

### 考 察

Cohen et al(1964)이 家猫에서 각 반규관신경을 전기자극하였을 때 관찰하여 보고한 안근반응은 많은 연구자들의 연구논문에 인용되어왔으나 그들이 보고한 외안근의 반응양상에는 일정한 원칙성이 없고 따라서 안근반응의 전모를 간명하게 종합하여 기술하기는 어렵다. 따라서 지금까지의 연구결과를 비교할 목적으로 Fig. 6에 Cohen 등의 家猫에서의 보고와 Kim의 家兔에서의 보고(1974)를 도식으로 표시하여 보았다. S항에서는 전기자극을 가한 半規管을 표시하였고, T항에 Cohen 등의 실험결과를, U항에는 Kim의 실험결과를 표시하였다. 이 그림에서 A의 水平半規管 신경자극에 대한 안근반응은 모두 일치함을 볼 수 있고, B의 前半規管 자극에서는 동측안에 대한 안근반응은 일치하나 반대측안의 안근반응은 일부 상이함을 볼 수 있으며, C의 後半規管

신경자극의 경우는 양측안에서 안근반응에 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

Kim의 실험결과(U항)에서는 반응하는 안근들이 한 group을 형성하여 반응함을 볼 수 있다. 즉 어느 半規管을 자극하거나 동측 안에서는 상사근, 상직근 및 내직근이, 반대측 안에서는 하사근, 하직근 및 외직근이 흥분하여 수축함을 볼 수 있다. 동측 안구에서는 상내측 안근군이, 반대측 안구에서는 하외측 안근군이 반응하되 이들 안근중에서 한개의 안근이 주동근(muscle of primary contraction)으로 작용하고 나머지 2개 안근은 공동근(muscle of synergic contraction)으로 작용하는데 흥분하는 반규관에 따라 주동근역할을 하는 안근이 바뀌어진다(Kim, 1974; Kim, 1977).

Fig. 6에서 Cohen 등과 Kim의 결과를 종합하여 비교할 때 후반규관의 흥분에 따른 안근반응(C)이 가장 많은 차이를 보여준다. 따라서 본 실험에서는 家兔와 家猫에서 주로 후반규관신경을 자극하고 이에 대한 안근반응을 관찰하였으며 그 결과를 종합하여 Fig. 7에서 Cohen 등이나 Kim의 보고와 비교하여 보았다. 본 실험결과(C)와 Kim의 보고(B)는 정확히 일치되나 Cohen 등의 보고(A)와는 일치되지 않으며 상당한 차이가 있음을 볼 수 있다.

전정기관에서 일측 후반규관과 그 반대측 전반규

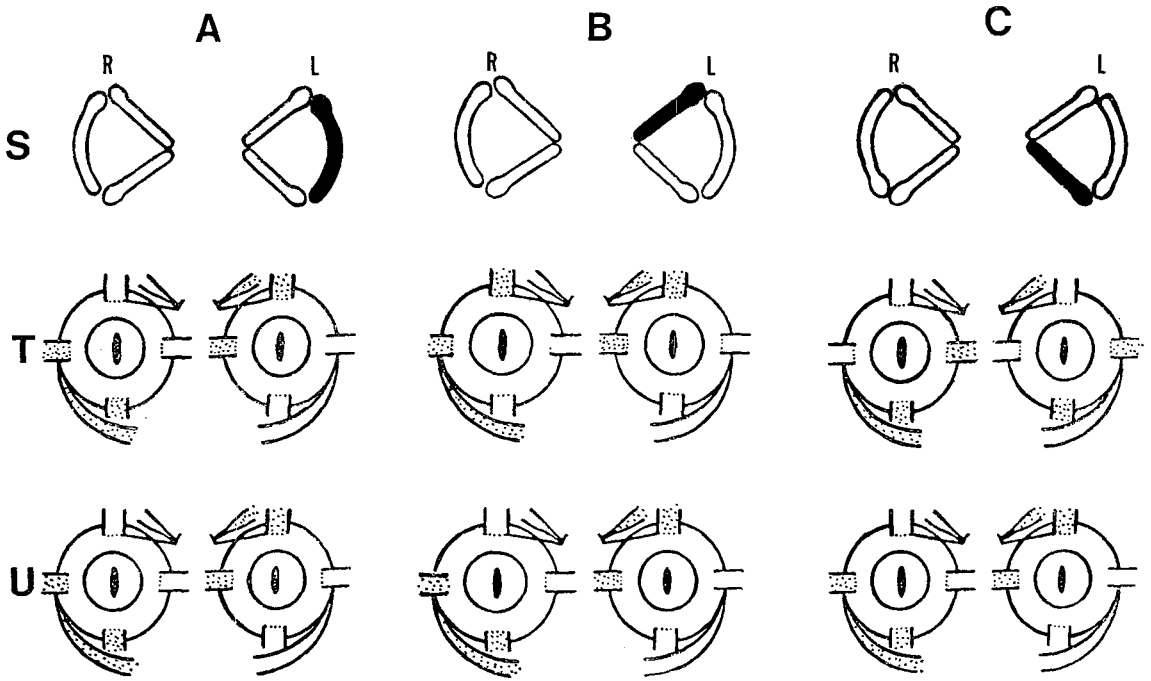


Fig. 6. Diagrammatic comparison of the ocular muscle responses to excitation of the semicircular canals according to the previous authors. S, the canals stimulated are shown black; A, the horizontal canal stimulated; B, anterior canal stimulated; C, posterior canal stimulated; R, right; L, left; T, ocular muscle responses according to Cohen et al. in cats (1964); U, responses according to Kim in rabbits (1974); dotted ocular muscles indicate the excitatory responses (contraction).

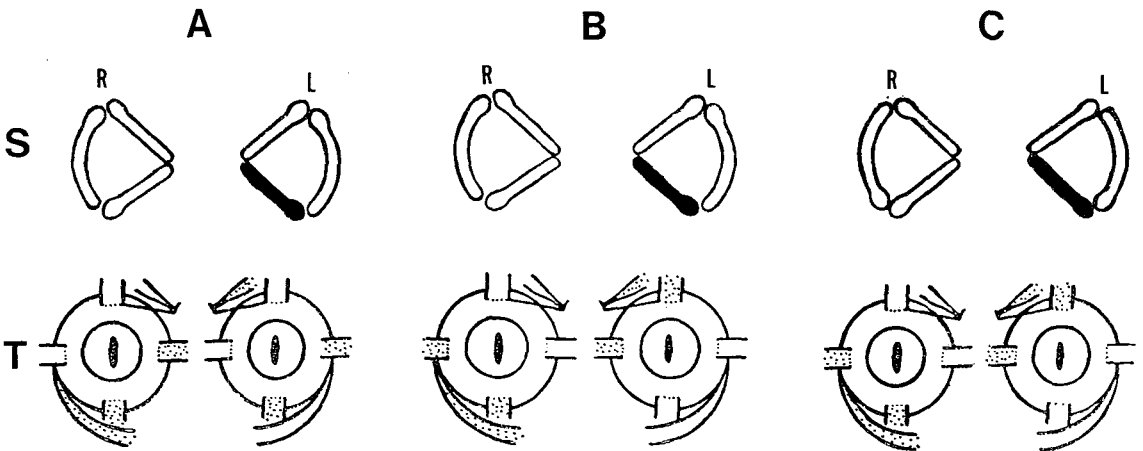


Fig. 7. Comparison of the ocular muscle responses to excitation of a unilateral posterior canal according to the different authors. A, ocular muscle responses according to Cohen et al. in cats; B, response according to Kim in rabbits; C, responses according to the present authors in cats and rabbits; S, the stimulated canals are shown black; T, dotted ocular muscles represent excitatory responses (contraction).



관은 한개의 기능대(functional pair)를 형성하고 있으며 안근에 대하여 상호 정반대의 작용을 하게 된다(Lee, 1974). 따라서 본 실험중 家猫에서의 후반규관 흥분에 따른 안근을 바탕으로 하여 그 반대측 반규관 흥분으로 야기될 안근반응을 추정할 수 있었다. 이와같이 추정한 안근반응은 본 실험에서 전반규관을 자극했을 때의 안근반응이나, Kim의 보고(Fig. 6-B)와 일치함을 볼 수 있었다.

본 실험에서 후반규관내에 ampullofugal flow를 일으켜 반규관 수용기를 흥분시켰을 때에 관찰한 안근반응도 상술한 후반규관을 전기자극했을 때의 반응과 일치함을 볼 수 있었다. 또한 일측 전정의 반규관을 전체적으로 급속냉동시켰을 때는 안근반응이 역전되어 나타남으로서 신경자극이나 내액변위에 따른 실험결과를 다시 뒷받침하는 것으로 해석할 수 있었다(Spondlin, 1966; Park, 1979).

家兔는 단안시성동물로서 양안구가 경부 양측면에 위치(lateral eyed animal)하며 家猫는 양안시성동물로서 양안이 모두 두부 전면에 위치(frontal eyed animal)하는등 대조적인 차이를 보이니 Fig. 6-A에서 보는 바와 같이 이양종 동물에서 수평반규관 흥분으로 야기되는 안근의 반응이 동일함을 알 수 있다. 이들 동물에서 일측 수평반규관이 흥분했을 때는 수평직근(내직근 또는 외직근)이 주동근으로 작용한다. 이때 家猫에서는 양안이 모두 일측으로 수평(방향의 안구)회전을 일으킴에 반하여(Suzuki & Cohen, 1964), 家兔에서는 동측안은 전방으로 반대측안은 후방으로 회전함을 관찰할 수 있다(Kim, 1974, 1976). 즉 이들 동물에서는 반응하는 안근이 같을 때에도 양 안구반응의 양상(pattern)은 상이함을 지적할 수 있다.

Suzuki et al(1964)은 家兔와 家猫에서 수직반규관(전 및 후반규관)신경자극에 따른 안구 회전반응이 상이한 양상을 나타냄을 지적하여 이 양동물에서 반규관과 외안근을 연결하는 前庭眼球關係(vesibuloocular relation)가 상이할 것이라 강조하였으며 동물의 종에 따라 이 전정안구관계에 변이(variation)가 있을 것이라 추리하였다.

본 실험결과를 바탕으로 하면 이 양종 동물에서 수직반규관과 외안근의 상관성은 오히려 동일함을 알 수 있었다. 이들 동물에서 일정한 수직반규관의 흥

분으로 반응하는 안근이 동일하더라도 안구회전의 양상은 상이하리라 기대된다. 수직반규관이 흥분했을 때는 안사근이 주요한 역할을 하게 되는데 이 양종 동물에서 사근의 작용이 서로 상이함이 알려져 있다. 상사근의 경우 家猫에서는 안구의 incycloduction과 depression을 일으키나, 家兔에서는 incycloduction과 elevation을 일으키는데 이는 이 안근의 oligo-insertio relation(근기시부-부착부관계)이 양종 동물에서 차이를 가지고 있기 때문이라 한다(Tokumasu et al. 1965; Park & Hong, 1981; Park & Kim, 1986).

진화의 과정을 개관할 때 안구는 頭蓋 측방에서 전방으로 이행하였고, lateral eyed fish에서 frontal eyed primate로 발전한 것으로 간주된다. 따라서 많은 동물을 대상으로 고려할 때 두개상의 안구 위치에는 상당한 차이가 있고 이에 따라 시축에도 차이가 있다(Graf & Simpson, 1981; Simpson & Graf, 1981). 따라서 전정(반규관) 안구관계가 종에 따라 조금씩 변화하기를 기대할 수는 없다. 진화의 과정에서 두개상의 안구 위치에 변이(variation)가 수반됨에 따라 일부 안근의 oligo-insertio 관계에 변이를 일으킴으로써 전정성 안구반사의 양상에 변이가 나타날 것이라 보이며 전정안구관계는 모든 동물에서 기본적으로 동일하리라 보는 것이 타당 할 것이다.

## 結 論

본 실험은 家猫와 家兔에서 前庭眼球反射를 일으키는 반규관과 외안근 간의 기능적 연결성을 추구하고자 시행하였다. 일정한 半規管에서 흥분적효과를 야기시킬 때는 반규관팽대부 신경을 전기자극하거나 반규관내액의 유동(ampullofugal flow)을 일으켰으며, 반규관의 역제적효과를 일으킬 때는 일측 전정의 全半規管을 급속냉동시키고 이때 각 외안근에서 근활동성과 등장성장력변화를 근전도로서 기록 관찰하였다.

일측 전정에서 한개의 반규관을 흥분시키면 양측 안에서 3개 안근이 흥분하여 수축하되 동측 안에서는 상내측 안근군(상사근, 상직근 및 내직근)이 수축하고 반대측 안에서는 하외측 안근군(하사근, 하직근 및 외직근)이 수축함으로써 안근의 반응에 뚜

렸한 원칙성을 찾을 수 있었다.

일측 전정의 반규관을 모두 억제시켰을 때는 안근의 반응은 역전되어 정반대로 나타남으로서 반규관의 흥분이나 억제에 따른 안근반응을 상호 뒷받침해주는 결과로 해석되었다.

본 실험결과를 종합해 볼때 家猫와 家兎에서 전정의 각 반규관과 외안근과의 기능적인 관계는 동일한 것으로 나타났다. 따라서 양안시성동물인 家猫와 단안시성동물인 家兎에서 전정의 반규관과 외안근을 연결하는 前庭眼球關係가 상이하고 일반적으로 동물의 종에 따라 전정안구관계에 약간의 변이가 있으리라는 일부 학자들의 주장은 재검토되어야 하리라 사료된다.

## REFERENCES

- Anderson S & Gernandt BE (1956). cortical projection of vestibular nerve in cat. *Acta Otolaryngol Stockh Suppl* 116, 10-17
- Baloh HW, Henn V & Jager J (1982). Habituation of the human vestibulo-ocular reflex with low frequency harmonic acceleration. *Am J Otolaryngol* 3, 235-241
- Barmack NH, Bell CC & Rence BG (1971). Tension and rate of tension development during isometric responses of extraocular muscles. *J Neurophysiol* 34, 1072-1079
- Basmajian JV & Stecko G (1962). A new bipolar electrode for electromyography. *J Appl Physiol* 17, 849-850
- Basmajian JV (1972). Electromyograph comes of age. *Science* 176, 603-609
- Cohen B, Suzuki J & Bender MB (1964). Eye movement from semicircular canal nerve stimulation in the cat. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 73, 153-169
- Cohen B, Suzuki J & Bender MB (1965). Nystagmus induced by electrical stimulation of ampullary nerves. *Acta Oto-Laryngol* 60, 422-436
- Cohen B (1974). The vestibulo-ocular reflex arc. In: Kornhuber HH (ed) *Handbook of Sensory Physiology*. Vol. 6. Springer, Berlin, p447-540
- Graf W & Simpson JI (1981). Relations between the semicircular canals, the optic axis, and the extraocular muscles in lateral-eyed and frontal-eyed animals. In: Fuchs FF & Becker W (ed) *Progress in oculomotor research*. Elsevier, Amsterdam, p409-417
- Ito M, Nishimaru N & Yamamoto M (1973). The neural pathways mediating reflex contraction of extraocular muscles during semicircular canal stimulation in rabbits. *Brain Res* 55, 183-188
- Jonkees LB & Hulk J (1950). The various movements of the human eye on rotation about different axes. *Acta Oto-Laryngol* 38, 274-280
- Kim JH (1974). Studies on the functional interrelation between the vestibular canals and the extraocular muscles. *Korean J Physiol* 8, 87-103 (in Korean)
- Kim JH (1976). Functional interrelation between vestibular canals and extraocular muscles. *J Health Fellowship Foundation* 5, 9-16 (in Korean)
- Kim JH (1977). Studies on the vestibular responses of the eyeballs and extraocular muscles. *Proc Int Union Physiol Sciences* 13, 385
- Kim JH & Partridge LD (1969). Observation on types of response to combination of neck, vestibular, and muscle stretch signals. *J Neurophysiol* 32, 239-250
- Kim KH (1968). Reflex eye movements induced by stimulation of the semicircular canal nerve in rabbits. *Korean J Physiol* 2, 179-185 (in Korean)
- Lee EH (1974). Experimental observations on the functional polarities of semicircular canals in rabbits. *Chonnam Med J* 11, 377-386 (in Korean)
- Park BI & Hong KS (1981). Studies on the oblique muscle function in the animals with monocular vision. *J Korean Ophthal Society* 22, 699-705 (in Korean)
- Park BR (1979). Functional polarity of the posterior semicircular canal in rabbits. *Chonnam Med J* 16, 243-252 (in Korean)
- Park CS & Kim JH (1986). Studies on the oblique muscle function in cats. *Chonnam Med J* 23, 239-245 (in Korean)
- Simpson S & Graf W (1981). Eye muscle geometry and compensatory eye movements in lateral-eyed and frontal-eyed animals. *Ann New York Acad Sciences* 374, 20-30
- Spondlin H (1966). Ultrastructure of the vestibular sense organ. In: *The vestibular system and its diseases*. Univ. of Pennsylvania Press, Philadelphia, p39-68
- Suh KJ (1975). Reflex responses of the ocular rectus

- muscles to rapid freezing of a vestibular posterior canal. *Chonnam Med J* 16, 253-262 (in Korean)
- Suzuki J, Cohen B & Bender MB (1964). Compensatory eye movements induced by vertical semicircular canal stimulation. *Exp Neurol* 9, 137-160
- Suzuki JI & Cohen B (1964). Head, eye, body, and limb movement from semicircular canal nerves. *Exp Neurol* 10, 395-405
- Szentagothai J (1950). The elementary vestibulo-ocular reflex arc. *J. Neurophysiol* 13, 395-407
- Tokumasu K, Goto K & Cohen B (1965). Eye movements produced by the superior oblique muscle. *Arch Ophthalmol* 73, 851-862
- Tokumasu K, Suzuki J & Goto K (1971). A study of the current spread on electric stimulation of the individual utricular and ampullary nerve. *Acta Otolaryngol* 71, 313-318
- Wilson VJ (1975). The labyrinth, the brain, and posture. *Am Sci* 63, 325-332