

# 迷路半規管과 外眼斜筋의 機能的 關係에 關하여\*

全南大學校 醫科大學 生理學教室

金 在 浹

=Abstract=

## Functional Relationship between the Vestibular Canals and the Extraocular Oblique Muscles

Jeh Hyub Kim, M.D.

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

This experiment was designed to explore specific functional relationship between the vestibular canals and the extraocular oblique muscles by observing the isometric tension responses of the muscles to the selected vestibular canal excitation. The vestibular excitation was simulated by either stimulation of the individual canal nerve or endolymphatic fluid displacement in each canal.

Each canal nerve was subjected to square wave pulses with a monopolar wire electrode placed closely to the ampullary nerve endings for electrical stimulation, and a fine stainless cannula was introduced into the each canal toward the ampulla and a minute amount (0.5~3.5 microliter) of fluid was injected in or ejected out by means of a microsyringe connected to the cannula to produce ampullopetal or ampullofugal displacement of endolymphatic fluid.

The superior oblique muscle was contracted by the excitation of homolateral canals and was relaxed by contralateral canals. On the contrary, the inferior oblique was contracted by the contralateral canals and was relaxed by the homolateral canals.

Summation of excitatory and inhibitory canal effects from the bilateral vestibular system was demonstrable on the tension changes of the oblique muscles. Excitation of either dual or triple canals of the unilateral vestibular system also caused summation effect on the tension response of the oblique pair; thus multiple signals from the different ampullary receptors seems to be converged into the relevant ocular motor nuclei.

Since the superior and inferior obliques are known to receive their motor fibers from the contralateral trochlear nuclei and intermediate nuclei of the homolateral oculomotor complex respectively, the above experimental evidences indicate that the ocular motor nuclei for oblique muscles receive excitatory signals from the contralateral vestibular canals and inhibitory signals from the homolateral canals.

### 緒 論

脊椎動物에 있어서 個體의 回轉運動에 따라 迷路의 一定한 半規管이 興奮하면 이 迷路의 興奮이 反射的으

로 眼球運動을 惹起시켜 體位의 變動에 따라 眼球의 位置를 補償調節하게 된다<sup>1,2</sup>. 이 迷路眼球反射路에 있어서 個個의 反射路는 3個의 뉴론弓으로 構成되어 있음이 알려져 있으나<sup>3</sup> 兩側 迷路의 3個 半規管(上, 水平 및 下)과 兩眼球의 各 6個 外眼筋을 機能的으로 連結하는 神經機構(neural organization)에 對하여 充分한

\* 本 研究는 1972 年度 文教部 研究助成費로써 이루어 졌음.

說明을 할 수 있는 實驗的 根據는 적다<sup>4,5)</sup>.

最近 Cohen 等<sup>6)</sup> 및 Suzuki 等<sup>7)</sup>은 家猫과 家兎에서 半規管 膨大部神經의 電氣刺戟에 따른 眼球 및 外眼筋의 反應을 觀察한 바 있으며, 이 兩種 動物에 있어서 眼球의 反應이나 外眼筋의 反應이 相異함을 觀察하였다. 特히 外眼筋中 斜筋(上 및 下斜筋)의 反應이 서로 相異함을 指摘하여 動物의 種에 따라 迷路眼球反射路에 差異가 있을 것임을 強調하였다.

其後 金<sup>8)</sup>, 李<sup>9)</sup>等은 家兎에서 半規管神經을 刺戟하였을 때 惹起되는 外眼斜筋의 反應은 Cohen 等<sup>6)</sup>이 家猫에서 觀察한 바와 同一함을 證明하여 半規管과 斜筋과의 關係에 關한 限 兩種 動物間에 差異가 없음을 報告하였다.

著者는 家兎에서 迷路의 單一 半規管이나 여러 個의 半規管을 組合하여 選擇的으로 電氣刺戟하여 外眼筋中 兩斜筋의 等長性 反應을 同時에 記錄 觀察하였고, 또한 各 半規管을 內淋巴液變位法을 使用하여 刺戟하고, 여기 對한 兩斜筋의 反應樣態를 觀察하여 兩側 迷路의 各 半規管과 外眼斜筋間의 機能的 關係를 究明함으로써 이 問題를 檢討코져 하였다.

## 實驗方法

**實驗動物:** 成熟하고 健康한 家兎 50 頭를 雌雄의 區別없이 擇하여 體重 1 kg 當 1.0 gm의 urethane을 腹腔內에 注射하여 麻醉한 後 使用하였으며, 時間이 經過된 後부터는 必要에 따라 小量式 靜脈內에 注射하여 使用하였다.

**半規管의 露出 및 處理:** 迷路半規管의 露出은 Anderson 및 Gerandt<sup>10)</sup>의 方法에 依하였다. 動物을 側位로 固定하고, 頭蓋 側後部에서 中耳에 接近하여 鼓膜, 鼓膜張筋 및 耳小骨(鑼骨, 砧骨, 槌骨)等을 除去한 後 內耳에 들어가 3個의 骨性 半規管을 모두 露出시키고, 各 半規管膨大部로부터 一定한 距離의 半規管壁에 微細한 小孔을 만들었다.

**半規管神經의 電氣刺戟:** 半規管神經의 電氣刺戟은 金<sup>11)</sup>의 方法을 使用하였다. 骨性半規管 膨大部에 小孔을 만들고, 이 小孔을 通하여 微細한 被覆銅線을 그 末端部를 露出시켜 插入하여 그 先端이 膨大部神經 起始部에 接近되도록 한 後 插入한 部位에서 固體 paraffin으로 固定하여 刺戟用 電極으로 하였다. Indifferent electrode는 頭部筋에 插入 固定하였다. 刺戟은 square wave stimulator를 使用하였으며, 矩形波長(wave duration) 및 刺戟頻度(frequency)는 各各 主로 0.5 msec 및

240 cps로 一定히 固定하였으며, 刺戟強度(intensity)는 任意로 變動하여 刺戟하였다.

**內淋巴液의 變位法:** 內淋巴液의 變位法은 Szentagothai<sup>12)</sup>의 方法을 家兎에 알맞게 改善하여 施行하였다. Microsyringe (50  $\mu$ l Hamilton Co.)에 細小한 polyethylene tube (No. 10, ID, 0.011"  $\times$  OD, 0.024")를 連結하고, 이 tube의 末端에 微細한 cannula (26 gauge 注射針을 切斷하여 그 末端을 가늘게 잘라 만든 것)를 連結하고, 이 cannula와 tube 및 microsyringe內에는 體溫과 同一한 溫度의 食鹽水를 充滿시킨 後 前記한 骨性半規管壁에 만든 小孔으로부터 膨大部를 向하여 cannula를 插入하여 加熱한 固體 paraffin을 使用하여 固定하였으며, 이 部位에서 液體의 漏出이 없도록 하였다. 膨大部를 向하는 液體流動(ampullopetal flow)을 일으킬 때에는 微量(1~3.5  $\mu$ l)의 生理的 食鹽水를 注入하였고, 膨大部로부터의 液體流動(ampullofugal flow)을 일으킬 때는 微量의 液體를 microsyringe內로 吸引하여 流출시킴으로써 管內淋巴液의 變位를 일으켰다.

**外眼筋의 處理:** 動物을 伏臥位로 固定하고 兩側眼의 上下眼瞼을 除去한 後 外眼筋中 上斜筋과 下斜筋을 露出시키고, 이들 外眼筋이 眼球에 附着한 部位(insertio)를 絹絲로 結紮한 後 切斷하였다. 이때 上斜筋은 滑車를 除去한 後 處理하였다.

**斜筋의 等長性 張力記錄(Isometric recording):** 兩斜筋을 force transducer (E & M photoelectric transducer, 0~30 gm)에 매달아 適當한 筋長에서 固定한 後 polygraph (E & M, physiograph Four B)에 連結하여 半規管神經刺戟이나 內淋巴液變位에 따른 兩眼筋의 張力變化를 記錄하였다. 兩眼筋의 張力은 2個의 channel에서 同時에 記錄하였으며, 各 channel의 gain amplitude는 可及의 同一하게 하였다.

## 實驗成績

### A) 半規管神經의 電氣刺戟에 對한 斜筋의 反應

**反應의 一般樣態:** 半規管神經을 刺戟하면 同側과 反對側 眼球의 斜筋들이 모두 反應(收縮 또는 弛緩)하는 것을 보았다. 刺戟을 開始하면 眼筋에 따라 신속히 收縮하거나 弛緩하였으며 徐徐히 原狀으로 恢復하였다. 一定한 刺戟強度(0.2~1.2 v)와 矩形波長(0.5 msec)下에서 刺戟頻度の 增減에 따라 反應의 크기에 銳敏한 變化를 보이고, 一般的으로 40~60 cps까지는 微弱한 反應을, 100~150 cps 內外에서는 中等度의 反應을 나타냈으며, 250~300 cps 以上에서는 언제나 最大反應을 보

였다. 어느 半規管神經을 刺戟하거나 兩斜筋은 언제나 相互拮抗의 反應을 보였으며, 上斜筋이 收縮하면 下斜筋은 弛緩하고 下斜筋이 收縮할 때는 上斜筋이 弛緩함을 보았다.

**單一半規管神經刺戟과 同側 및 反對側眼의 斜筋反應:**  
 一側迷路에서 單一 半規管神經을 刺戟하면 同側眼에서는 上斜筋이 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였고, 反對側眼에서는 下斜筋이 收縮하고 上斜筋이 弛緩하였다. 兩眼의 上斜筋 및 下斜筋의 反應은 一側 迷路에서 어느 半規管을 刺戟하거나 同一한 反應樣態를 나타내었으므로 一側 半規管과 兩眼 斜筋間의 이와 같은 關係를 再檢討하는 方法으로서 一側 迷路에서 3個의 半規管神經刺戟을 部分的으로 重復시켜 여기에 對한 同側과 反對側眼의 斜筋의 反應을 觀察하였다.

**3個 半規管神經刺戟의 重疊效果:** 兩斜筋의 等長性 張力變化를 記錄하면서 一側 迷路에서 上半規管刺戟으로부터 시작하여 側 및 下半規管刺戟을 차례로 附加하여 3個의 半規管刺戟을 部分的으로 重疊시켜 본 結果 同側과 反對側眼의 斜筋의 反應이 三重의 重疊效果를 나타내었다. 同側眼에서는 上斜筋이 漸進的으로 張力の 增加를 보이며, 下斜筋은 漸進的으로 張力の 減少를 나타내었고, 反對側眼에서는 이와 正反對로 下斜筋의 張力이 階段的인 增加를 보였고, 上斜筋의 張力은 漸進的으로 減少되었다. 即, 한 眼球의 兩斜筋은 어느 半規管刺戟에 對하여나 拮抗의 反應을 보이며, 同側 및 反對側 半規管刺戟에 對하여는 相反의 反應을 보이고, 一側 3個 半規管刺戟에 對하여 個個 半規管刺戟效果들

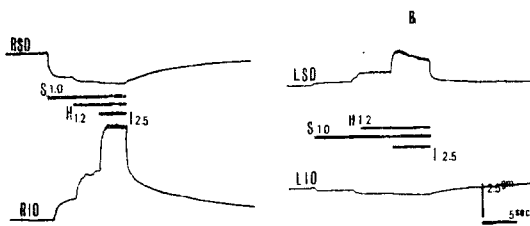


Fig. 1. Effect of unilateral triple canal stimulation on the isometric tension of the oblique muscles.

A) Responses of the right superior and inferior oblique muscles (RSO & RIO) to overlapped stimulation of the contralateral canals, left superior (S), horizontal (H) and inferior (I) canals.

B) Responses of the left superior and inferior oblique (LSO & LIO) to overlapped stimulation of the ipsilateral canals.

The periods of electrical stimulation are shown by the heavy horizontal line; the numeral figures denote the stimulus intensity in volt.

의 重疊效果를 나타내었다(Fig. 1 參照). Fig. 1은 右側(A) 및 左側眼(B)에서 上斜筋과 下斜筋의 等長性 張力에 미치는 左側 上, 側 및 下半規管神經刺戟時의 重疊作用을 나타낸다.

**兩斜筋에 對한 興奮的 및 抑制的 半規管의 重疊作用:**  
 上斜筋에 對하여 同側 迷路의 半規管은 興奮的으로 作用하고, 反對側 迷路 半規管들은 抑制的으로 作用하며, 下斜筋에 對하여는 反對側 迷路 半規管이 興奮的으로 作用하고, 同側 迷路 半規管이 抑制的으로 作用함을 觀察하였으므로 半規管과 斜筋間의 이와 같은 關係를 再檢討하는 方法으로서 한 眼球에서 兩斜筋의 張力變化를 記錄하면서, 同側 半規管에서 任意로 한 個의 半規管神經을 擇하여 刺戟을 시작하고, 여기에 對한 反應이 惹起되었을 때 反對側 迷路에서 한 個의 半規管神經을 任意로 擇하여 刺戟을 附加하고 反應이 逆轉되는가를 보았으며, 또한 同側과 反對側 迷路에서 刺戟하는 半規管을 任意로 바꾸어 본 結果 斜筋의 反應은 언제나 豫告할 수 있는 反應樣態를 보였다(Fig. 2 參照). Fig. 2는 右側眼의 兩斜筋을 對象으로 右側 下半規管刺戟에 左側 上半規管刺戟을 附加하였을 때(A)와 左側 下半規管刺戟을 附加하였을 때(B) 처음 反應이 逆轉될을 나타낸다.

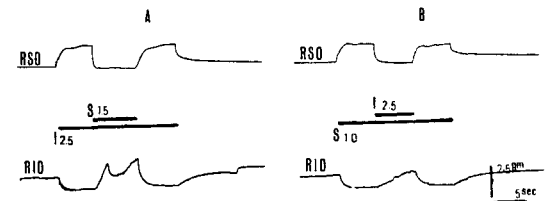


Fig. 2. Summation of bilateral vestibular effects on the right oblique muscles (RSO & RIO)

A) Left superior canal (S) nerve stimulation was added to right inferior canal (I) nerve stimulation.

B) Left inferior canal stimulation was added to right superior canal stimulation.

Notations as in Fig. 1.

**B) 半規管 內淋巴液變位에 對한 斜筋의 反應**

**眼筋反應의 一般樣態:** 어느 半規管에 있어서나 半規管內에 微量(0.5~3.5 μl)의 液體(食鹽水)를 注入하거나 微量의 半規管 內淋巴液을 吸引하여 流出시키면 兩眼筋은 反射的 反應을 보였으며, 同一 眼球의 兩斜筋은 언제나 拮抗의 反應樣態를 나타내었다. 反應의 크기는 注入하거나 流出시키는 速度를 可能한 限 一定히 維持한 狀態에서는 注入하는 液體의 量이나 流出시키는 內淋

巴液의 量에 따라 變化되었고, 注入量이나 流出量이 增加될 수록 反應의 크기도 增加되는 것을 볼 수 있었다 (Fig. 3-A 參照).

**半規管 內淋巴液變位方向과 眼筋의 反應：**一側眼에서 上斜筋과 下斜筋의 等長性 反應을 同時에 記錄하면서 兩側 迷路에서 一定한 半規管을 擇하여 ampullopetal flow(膨大部를 向한 流動)나 ampullofugal flow(膨大部로부터 管部를 向한 流動)를 일으켜 본 結果, 이 內淋巴液變位의 方向에 따라 眼筋의 反應이 逆轉됨을 볼 수 있었다(Fig. 3 參照). Fig. 3-A는 그 1例를 나타내며, 一側眼의 兩斜筋(RSO & RIO)의 同側 迷路 下半規管(RPC)內에 일으킨 內淋巴液變位의 方向에 따라 그 反應이 相異함을 나타낸다. 卽 ampullofugal flow에 의하여 上斜筋은 收縮하고 下斜筋은 弛緩되었으나, ampullopetal flow에 의하여 反應이 다시 反對方向으로 바뀌어 上斜筋이 弛緩되고 下斜筋이 收縮하고 있다. 또한 一定方向의 內淋巴液變位로써 眼筋의 反應이 惹起되었을 때 內淋巴液變位의 方向을 다시 바꾸어 反對方向의 流動를 일으키면 眼筋의 反應도 그 方向이 다시 逆轉됨을 볼 수 있었다. Fig. 3-B는 右側眼의 兩斜筋의 反應이 同側 下半規管內에 일으킨 內淋巴液變位 方向의 逆轉에 따라 逆轉됨을 나타낸다.

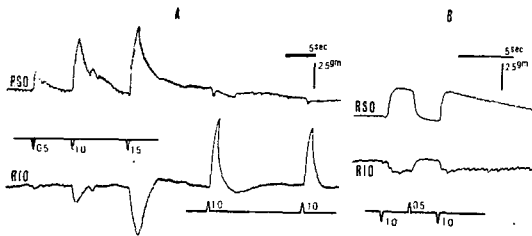


Fig. 3. Isometric responses of the right oblique pair (RSO & RIO) to endolymphatic displacement produced in the ipsilateral (right) inferior canal.

- A) Graded responses to the ampullopetal and ampullofugal flow produced by different amount of endolymphatic displacement.
- B) Overlapped responses to the endolymphatic flow with alternate directions.

Heavy horizontal line with up and down deflections indicate the time at which the endolymphatic displacement was produced; —, injection of fluid; —, ejection of fluid; the numerical figures indicate the amount of fluid displacement in microliter.

**各 半規管興奮과 眼筋反應과의 關係：**半規管中 水平半規管은 ampullopetal flow에 의하여 興奮하고 ampul-

lofugal flow에 의하여 抑制되며, 垂直半規管은 ampullofugal flow에 의하여 興奮하고 ampullopetal flow에 의하여 抑制됨이 報告되어 있다. 本 實驗에서도 一定한 半規管을 刺戟하여 興奮시키고자 할 때 水平半規管에서는 ampullopetal flow를, 垂直半規管에서는 ampullofugal flow를 일으켜 刺戟하였다. 一側 眼球의 上斜筋과 下斜筋의 等長性 張力變化를 記錄하면서 同側과 反對側에서 各 半規管을 興奮시켜 본 結果, 全般의 反應을 觀察할 수 있었다. 卽 上斜筋은 同側 迷路의 어느 半規管을 興奮시켰을 때나 收縮하여 張力이 增加되었고, 下斜筋은 弛緩하여 張力의 減少를 나타내었으며, 下斜筋은 同側 迷路半規管의 興奮으로 弛緩하고 反對側 迷路 半規管 興奮으로 收縮하였다.

**兩斜筋에 對한 興奮的 半規管과 抑制的 半規管의 重疊作用：**上斜筋은 同側半規管의 興奮으로 收縮하고 反對側 半規管興奮으로 弛緩되며, 下斜筋에 있어서는 이와 正反對의 關係가 觀察되었다. 이와 같은 關係가 成立되는가를 再確認하는 方法으로서 一側眼의 兩斜筋을 對象으로 同側과 反對側 迷路에서 任意로 半規管을 擇하여 이 半規管內에 興奮的 內淋巴液變位를 일으켜 보았다. 그 結果 上斜筋은 同側 迷路 半規管의 興奮으로 收縮하고 反對側 迷路半規管의 興奮으로 弛緩되며, 下斜筋은 反對側 半規管興奮으로 收縮하고 同側 半規管興奮으로 弛緩함을 確認할 수 있었다. Fig. 4-A는 左側眼의 兩斜筋(LSO & LIO)이 同側 下半規管(LPC)興奮과 反對側 下半規管(RPC)興奮에 對한 個別的 反應이며, Fig. 4-B는 同側 下半規管 興奮으로 兩斜筋의 反應이 惹起되었을 때 反對側 下半規管 興奮을 附加했을 때의 重疊效果를 나타낸다.

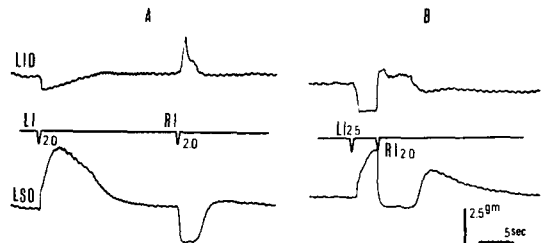


Fig. 4. Effect of bilateral vestibular canal excitation elicited by endolymphatic displacement on the unilateral (left) oblique muscles (LIO & LSO).

- A) Separate response to excitation of the ipsilateral (left) and the contralateral (right) inferior canal (LI & RI).
- B) Summation effect of overlapped excitation of the ipsilateral and the contralateral canals (LI & RI).

一側 垂直半規管들의 重複興奮效果 : 一側眼의 兩斜筋을 對象으로 하여 同側과 反對側에서 兩垂直半規管(上 및 下半規管)을 興奮시키되 上半規管興奮을 일으켜 兩眼筋의 反應이 惹起되었을 때 이어서 下半規管興奮을 일으키고 眼筋反應의 變化를 觀察하였다. 그 結果 한 眼筋에 對하여 同側 및 反對側의 迷路에서 이들 垂直半規管들의 興奮效果는 언제나 同方向으로 重疊되어 나타남을 볼 수 있었다. Fig. 5는 右側 上斜筋과 下斜筋에 對한 同側 上 및 下半規管 興奮作用 (A)과 反對側 上 및 下半規管 興奮作用 (B)의 重疊效果를 나타낸다.

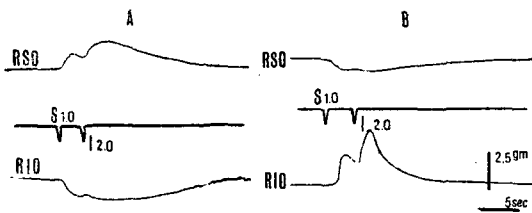


Fig. 5. Effect of overlapped excitation of unilateral vertical canals on the right obliques (RSO & RIO).

A) The homolateral (right) superior canal excitation (S) was overlapped by the inferior canal excitation (I).

B) The contralateral (left) superior canal excitation (S) was overlapped by the inferior canal excitation (I).

一側 全半規管的 重複興奮效果 : 한 個의 眼筋을 對象으로 하여 一側 迷路에서 全半規管(水平 및 垂直半規管)의 興奮을 일으키고 여기 對한 反應을 觀察하였다. 上斜筋에 있어서는 同側 迷路의 上, 側 및 下半規管的 興奮을 차례로 일으켜 이들 半規管興奮을 重複시

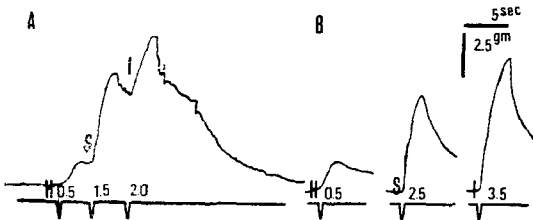


Fig. 6. Summation effect of unilateral triple canal excitation on the right superior oblique muscle.

A) Overlapped effect of ipsilateral triple canal excitation produced successively with short intervals.

B) Separate effect of the individual canal excitation.

켜 보면 이들 半規管 興奮으로 筋張力은 漸次的으로 增加하며 三重의 重疊作用을 나타내었고, 下斜筋에 있어서는 이와 反對로 筋張力이 漸進的으로 減少됨을 볼 수 있었다. Fig. 6은 上斜筋에 對한 同側 全半規管 興奮作用의 重疊作用(A)과 各 半規管的 個別的 興奮作用(B)을 나타낸다.

### 考 按

迷路 半規管神經刺戟으로 兩斜筋은 反射的 反應을 보이고, 刺戟하는 半規管에 따라 收縮하거나 弛緩하였으며, 刺戟을 오랫동안 繼續하면 그 反應의 크기는 多少 減少되는 傾向을 보이나 反應은 繼續되었다. 이는 生理的으로 惹起되는 迷路性 眼球運動의 遲相(slow phase)만이 招來된 것이며, 이 遲相에 이어 일어나는 速相(fast phase)은 發生하지 않았음을 뜻한다. 金<sup>13)</sup>은 脊髓切斷家兔에서 半規管神經刺戟으로 眼球運動을 觀察했을 때는 처음 나타나는 遲相의 眼球運動에 이어 이와 反對方向의 速相運動을 觀察한 바 있다. 本實驗에서는 麻醉家兔를 使用함으로써 電氣刺戟이나 內淋巴變位에 의한 實驗에 있어 다같이 眼球運動의 遲相만을 觀察對象으로 한 것이다.

半規管 電氣刺戟에 의한 眼筋의 反應은 任意的 刺戟 強度下에서 250~1000 cps의 刺戟頻度에서 最大反應을 보였는데, 眼筋이 이와 같이 高頻度의 刺戟에 反應하는 點은 Barmack等<sup>14)</sup>의 家猫 眼筋에 對한 實驗報告와도 一致되며, Kim 및 Partridge<sup>15)</sup>의 家猫 下腿三頭筋의 迷路刺戟에 對한 反應과도 大體로 一致된다.

半規管神經의 電氣刺戟은 各 半規管的 選擇的 刺戟을 可能케 하나 이는 半規管的 興奮의 效果만을 惹起시키고 抑制的 效果는 反映할 수 없다<sup>16)</sup>. 보다 生理的 刺戟方法으로 알려져 있는 內淋巴變位法은 回轉法<sup>17)</sup>과는 달리 本實驗에서 必要로 하는 單一 半規管만을 興奮시키거나 抑制시킬 수 있는 利點이 있다. 最近 Wersäll<sup>18, 19)</sup>, Spöndalir<sup>20)</sup> 등은 電子顯微鏡의 觀察로써 半規管膨大部 受容體 纖毛細胞가 가지고 있는 kinocilia와 stereocilia의 配列相에 半規管에 따라 特異한 形態的 極性(morphological polarity)이 있음을 看破하였다. 其後 Lowenstein 및 Wersäll<sup>21)</sup>, Trincker<sup>22, 23)</sup> 등은 半規管 纖毛細胞들이 나타내는 이 形態的 極性(morphological polarity)은 半規管들이 가지는 機能的 極性(functional polarity)을 뒷받침하는 것임을 밝힌 바 있고, 內淋巴變位에 있어 水平半規管은 ampullopetal flow에 의하여 興奮되고 ampullofugal flow에 의하여 抑制되며,

垂直半規管(上 및 下半規管)은 ampullofugal flow 에 의하여興奮되고 ampullopetal flow 에 의하여抑制됨을證明하였다. 그들은半規管內淋巴液變位의 方向을變化시키면서受容體細胞의 膜電位의 變化를 보거나 第一次 뉴론에서 活動電位의 頻度を記錄함으로써 이 問題를 解明한 것이다. 本 實驗에서는 內淋巴液變位로써受容體가 興奮되거나 抑制될 때 여기에 對한 反應을 迷路眼球 反射系의 效果器인 眼筋에서 直接 觀察하였고, 上記 半規管受容體의 機能的 極性を 觀察하고 이를 確認할 수 있었다. 即 本 研究에서는 半規管神經을 選擇의 電氣刺戟하여 觀察한 眼球反應과 半規管內에 內淋巴液變位를 일으켜 얻은 實驗成績을 綜合하고, 從來의 研究者들의 報告와 比較 檢討하는 方法을 擇하였다.

實驗成績을 綜合하건데 半規管神經刺戟 效果와 內淋巴液變位에 依한 半規管의 興奮效果는 언제나 同一한 眼筋의 反應을 나타내며, 一側眼의 兩斜筋中 上斜筋은 同側 迷路의 어느 半規管興奮作用으로나 興奮하고, 反對側 迷路의 어느 半規管에 依하여나 抑制되며, 下斜筋은 이와 反對로 反對側 迷路半規管들에 依하여 興奮하고 同側 迷路半規管들에 依하여 抑制되었다. 이는 한 眼球에서 兩斜筋이 서로 拮抗의 作用함을 물론 同側 迷路나 反對側 迷路에서 서로 相反의 神經支配를 받고 있음을 意味한다. Cohen 等<sup>6)</sup> 및 Suzuki 等<sup>7)</sup>은 家猫에서 半規管의 電氣刺戟으로 同一한 成績을 얻은 바 있었으나 家兎에서는 그와 같은 關係가 成立되지 않음을 報告하였고, 따라서 動物의 種에 따라 迷路 眼球 反射機構에 差異가 있을 것임을 強調한 바 있다.

그러나 上記한 바 各 半規管과 兩斜筋의 關係는 ① 單一 半規管을 興奮시켰을 때, ② 兩側 半規管興奮을 重複시켰을 때, ③ 一側 迷路의 全半規管들의 興奮을 重複시킨 實驗等 三重의 實驗을 통하여 證明한 것으로 實驗의 誤謬를 생각하기 어려울다.

金<sup>8)</sup> 및 李<sup>9)</sup>等도 Cohen 等<sup>6)</sup>의 家猫에서의 報告는 認定하나 Suzuki 等<sup>7)</sup>의 家兎에서의 實驗成績을 否定하고 있다. 脊椎動物의 進化에 따라 迷路 半規管의 構造는 一定한 原則內에서의 發達을 보이고 있으나<sup>24)</sup> 頭部에 있어서 眼球의 位置는 動物의 種에 따라 크게 變異를 나타내고, 따라서 外眼筋의 形態的 및 機能的 特徵이 種에 따라 相當한 差異를 나타내고 있다<sup>25, 26)</sup>. Cohen 等<sup>6)</sup>은 迷路 眼球反射의 pattern 이 種에 따라 相異함이 效果器인 外眼筋의 機能的 變異에 基因될 可能性을 考慮하지 않고 半規管과 外眼筋間의 反射機構에 差異가 있을 것이라고 速斷한 것으로 보인다. 動物이 進化의 過

程에서 基本的 反射路나 反射機構에 變異를 同伴할 수 있는가 라는 疑論은 神經生理學的으로 重大한 問題라고 思慮되며, 또한 사람에 있어서의 迷路 半規管과 眼筋(또는 眼球運動神經核)間의 機能的 關係를 探究함에 있어서도 大部分 動物實驗에 依存하고 있으므로 이 問題의 解決은 重大한 意義를 가진 것으로 믿어진다.

Szentagothai<sup>12)</sup>는 內淋巴液 變位法으로 各 半規管을 刺戟하였을 때 兩眼球에서 各 一個의 眼筋이 收縮反應하는 것을 觀察할 수 있었다. 그의 機械的 記錄方法으로는 各 半規管의 興奮에 따라 各 眼球에서 主收縮作用을 일으키는 一個 眼筋의 反應만을 記錄할 수 있었고, 이 主收縮筋에 對한 協助의 筋이나 拮抗의 筋의 反應은 記錄할 수 없었다. Cohen 等<sup>6)</sup>의 實驗成績이나 本 實驗成績으로 보아 迷路 眼球反射路는 Szentagothai<sup>12)</sup>의 “基本的 迷路 眼球反射路”와 같이 單純한 것이 아니며 보다 複雜한 것임을 알 수 있다. 迷路의 한 半規管이 興奮하면 兩眼에서 各 一個의 眼筋이 主收縮을, 二個의 眼筋이 協助의 收縮을 惹起하며, 나머지 三個의 眼筋은 拮抗의 弛緩反應을 일으키는 것으로 推理되나 本 研究에서는 眼筋反應의 量的 差異를 取扱하지 않았으므로 이 問題에 對하여 詳論할 수는 없다.

本 實驗에서 一側 迷路의 2個~3個 半規管興奮을 重複시켜 附加하면 이들 半規管의 興奮效果가 同側 및 反對側 眼球의 兩斜筋反應에 二重 또는 三重의 重疊效果를 나타내었는데, 이는 相異한 膨大部 受容體로부터의 衝擊이 兩斜筋의 運動神經核으로 收斂되는 것을 뜻하는 것이라 보이며, 이 點은 Curthoys 및 Markham<sup>27)</sup>, Carlo 및 Engenio<sup>28)</sup>等의 迷路核內 誘發電位 記錄에 依한 觀察과 符合된다.

眼球의 運動을 일으키는 外眼筋은 兩眼에 各 6個의 眼筋으로 構成되며, 內·外直筋, 上·下直筋 및 上·下斜筋들이 一種의 拮抗對로 作用하고 있으며, 이들 外眼筋들은 一次의 腦幹에 存在하는 眼球運動神經(ocular motor nuclei)의 支配下에 있다. 이들 外眼筋中 上·下直筋, 內直筋, 下斜筋은 動眼神經複合核(oculomotor nuclear complex)의 支配下에 있고 上斜筋은 滑車神經核(trochlear nucleus)으로부터, 外直筋은 外旋神經核(abducens nucleus)의 支配를 받고 있다<sup>29)</sup>. 이 外眼筋中 上直筋과 上斜筋은 反對側 腦幹의 眼球運動神經核으로부터 交叉性으로 神經根(root fiber)을 받고 있으며, 나머지 筋筋들은 同側 眼球運動神經核으로부터 同側性 支配를 받고 있음이 Warwick<sup>30)</sup>의 報告에 依하여 알려져 있다. Warwick<sup>30)</sup>의 원숭이에서의 實驗의 觀察에 依하면 上斜筋은 反對側 滑車神經核(trochlear nuc-

leus)으로부터, 下斜筋은 同側の 動眼神經複合核의 支配를 받는다. 따라서 滑車神經核이나 動眼神經複合核의 下斜筋 支配部位(intermediate cell column)는 다같이 反對側 迷路 半規管으로부터 興奮的 衝擊을 받으며, 따라서 同側 迷路로부터는 抑制的 衝擊을 받는 것으로 思慮된다. 兩斜筋과 兩側 迷路 半規管間의 機能的 關係에서 觀察된 이 單純한 原則이 半規管과 內, 外直筋 및 上, 下直筋間에서도 成立되리라고 推理되나 이 問題에 對하여는 追後的 實驗的 研究에서 追究하고자 한다.

### 結 論

麻醉家兎에서 內耳 半規管을 露出하고, 半規管內에 挿入한 微細單電極으로 各 半規管神經을 刺戟하거나 半規管內에 挿入한 微細한 cannula를 通하여 microsyringe로써 微量의 內淋巴液變位를 일으키고, 各 半規管을 選擇的으로 興奮시켰을 때 나타나는 外眼斜筋의 等長性 張力變化를 觀察하여 兩側 迷路 半規管과 兩眼斜筋間의 機能的 相關關係를 究明하였으며, 다음과 같은 成績을 얻었다.

1) 上斜筋은 同側 半規管들의 興奮으로 收縮하고 反對側 半規管들의 興奮으로 弛緩한다.

2) 下斜筋은 反對側 半規管들의 興奮으로 收縮하고 同側 半規管들의 興奮으로 弛緩한다.

3) 一定한 眼筋에 對하여 同側과 反對側 迷路에서 興奮의 및 抑制的 半規管作用의 重疊效果를 證明할 수 있다.

4) 一定한 眼筋에 對하여 同側 迷路나 또는 反對側 迷路의 全半規管興奮을 重複시켰을 때 이들 半規管作用의 三重的 重疊效果를 證明할 수 있다.

上記한 바 實驗成績을 바탕으로 兩斜筋은 兩側 迷路로부터 相反的 神經支配를 받고 있음을 볼 수 있고, 上斜筋을 支配하는 滑車神經核(反對側 眼의 上斜筋을 交叉性으로 支配함)이나 下斜筋을 支配하는 動眼神經複合核(그 中間核部이며 同側 下斜筋을 支配)은 모두 反對側 迷路로부터 興奮的 衝擊을 받으며, 同側 迷路로부터는 抑制的 衝擊을 받는 것으로 해석된다.

### 參 考 文 獻

1) Monnier, M.: *Cental mechanisms of vestibular and optokinetic nystagmus*. p. 205, In: *myotatic, kyneesthetic and vestibular mechanisms*. 1st Ed. Ciba Foundation Symposium, Little & Brown, Boston

1967.

2) Gernandt, B.E.: *Vestibular mechanisms*. p. 549, In: *Handbook of Physiology*, 1st Ed. Sec. I. Vol. I. American Physiological Society, Williams & Wilkins, Baltimore 1959.

3) Brodal, A., O. Pompeiano, and F. Walberg: *The vestibular nuclei and their connections, anatomy and functional correlations*. p. 42, 1st Ed. Olver and Boyd., Edinburgh 1962.

4) Carpenter, M.B.: *The ascending vestibular system and its relationship to conjugate horizontal eye movement*. p. 69, In: *Vestibular system and its disease*. 1st Ed. The Univ. of Pennsylvania Press, Philadelphia 1964.

5) Bennet, M.S. and M.B. Carpenter: *Central projections of the rhesus monkeys*. *Am. J. Anat.* 120:281, 1967.

6) Cohen, B., J. Suzuki and M.B. Bender: *Eye movements from semicircular canal nerve stimulation in the cat*. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 73:153, 1964.

7) Suzuki, J., B. Cohen and M.B. Bender: *Compensatory eye movement induced by vertical semicircular canal stimulation*. *Exptl. Neurol.* 9:137, 1964.

8) 金仕源 : 家兎 半規管神經에 對한 外眼筋의 反應에 關하여. *대한생리학회지* 4:599, 1970.

9) 李東辰 : 家兎 外眼斜筋에 對한 迷路 反射路에 關하여. *전남의대잡지* 9:317, 1972.

10) Anderson, S. and B.E. Gernandt: *Cortical projection of vestibular nerve in cat*. *Acta. Otolaryngol., Stockh. Suppl.* 116:10, 1956.

11) 金基浩 : 家兎 半規管神經刺戟에 依한 反射性 眼球 運動機轉에 關하여. *대한생리학회지* 2:179, 1968.

12) Szentagothai, J.: *The elementary vestibulo-ocular reflex arc*. *J. Neurophysiol.* 13:395, 1950.

13) 金在浹 : 家兎에 있어서 半規管刺戟에 對한 眼球 및 外眼筋의 反應에 關한 研究. *전남의대잡지 Suppl.* 7:33, 1970.

14) Barmack, N.H., C.C. Bell and B.G. Rence: *Tension and rate of tension development during isometric responses of extracellular muscle*. *J. Neurophysiol.* 34:1073, 1971.

- 15) Kim, J.H. and L.D. Partridge: *Observations on types of response to combinations of neck, vestibular, and muscle stretch signals. J. Neurophysiol.* 32:239, 1969.
- 16)李宗炫：家兔에 있어서 半規管內淋巴液變位에 對한 反射性 眼球反應에 關하여. *전남의대잡지* 9: 111, 1972.
- 17) Gernandt, B.E.: *Responses of mammalian vestibular neurons to rotation and caloric stimulation. J. Neurophysiol.* 12:173, 1949.
- 18) Wersäll, J.: *The minute structure of the crista ampullaris in the guinea pig as revealed by the electron microscope. Acta. Otolaryngol., Stockh, Suppl.* 126:1, 1956.
- 19) Spödlin, H.: *Ultrastructure of the vestibular sense organ. p. 37, In: The vestibular system and its disease. 1st Ed. Univ. of Pennsylvania Press., Philadelphia 1966.*
- 20) Lowenstein, O. and J. Wersäll: *A functional interpretation of the electron microscopic structures of the sensory hairs in the crista of the Elasmobranch Raja Clavata in terms of directional sensitivity. Nature, London* 184:1807, 1959.
- 21) Trincker, D.: *Bestandspotentiale im Bogengangssystem des Meerschweichens und ihre Änderungen bei experimentellen Cupula-Ablenkungen. Pflüg. Arch. ges Physiol.* 264:351, 1957.
- 22) Trincker, D.: *Transformation of mechanical stimulus into nervous excitation by labyrinth receptors. Symp. Scc. Exptl. Biol.* 16:289, 1962.
- 23) Shorter, V.: *The vertebrate body. p. 357, 3rd Ed. Saunders, Philadelphia and London, 1965.*
- 24) Duke-Elder, S.: *System of ophthalmology. Vol. 1, p. 667, 1st Ed. C.V. Mosby, St. Louis, 1958.*
- 25) Fink, W.H.: *Surgery of the oblique muscle of the eye. p. 34, 1st Ed. C.V. Mosby, St. Louis 1951.*
- 26) Curthoys, I.S. and C.H. Markham: *Convergence of labyrinthine influence on units in the vestibular nuclei. Brain Res.* 35:469, 1971.
- 27) Carlo, D. and A.P. Eugenio: *Responses of vestibular units to stimulation of individual semicircular canals. Exptl. Neurol.* 24:310, 1969.
- 28) Carpenter, M.B.: *Central oculomotor pathways. p. 67, In: Control of eye movement. 1st Ed. Academic Press. New York and London 1971.*
- 29) Wawick, R.: *Representation of the extraocular muscles in the oculomotor nuclei of the monkey. J. Comp. Neurol.* 98:499, 1953.