

家兎에 있어서 前庭半規管의 外眼斜筋에 對한 興奮的 作用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 · 吉 涸 植

= Abstract =

Excitatory Effect of Vestibular Canals on Extraocular Oblique Muscles in Rabbits

Jeh Hyub Kim, M.D., Byung Rim Park, M.D. and Won Sik Gill, M.D.

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

The present experiment was carried out to elucidate interrelation between the vestibular canals and the extraocular oblique muscles. In urethane anesthetized rabbits, excitatory or inhibitory effect of the canal was produced by three different methods; selective electrical stimulation of the ampullary nerve, bidirectional (ampullofugal or ampullopetal) lymphatic fluid flow, and rapid freezing of the canal. Changes of isometric tension as well as electromyographic activity of the oblique muscles were recorded in the ipsilateral and contralateral eyes, by means of a polygraphic recorder, and the following results were obtained.

1) Electrical stimulation of a unilateral vertical or horizontal nerve caused contraction of superior oblique muscle and relaxation of inferior oblique muscle in the ipsilateral eye, and contraction of inferior oblique muscle and relaxation of superior oblique muscle in the contralateral eye.

2) Ampullofugal flow in a vertical canal and ampullopetal flow in a horizontal canal caused the oblique muscle responses which were identical to those responses produced by the electrical stimulation of the same canal nerve.

3) Rapid freezing of a vertical canal elicited the oblique muscle responses which were opposite to those caused by electrical stimulation of the same canal nerve.

From the above experimental results, functional interrelation between the individual vestibular canal and bilateral extraocular oblique muscles were better elucidated. When these results were compared to those reported by previous investigators (Utzumi, Suzuki et al.), some important discrepancies were found between them. We ascribed such discrepancies to experimental errors of the previous investigators, since their results reflected theoretical contradictions in terms of vestibular eye movements.

緒 論

從來, 前庭眼球反射를 惹起하는 神經機構를 究明한

* 本 研究는 1981年度 文教部 研究助成費로써 이루어 졌음.

目的으로 前庭의 各 半規管을 興奮시키거나 抑制시키고 이때 各 外眼筋의 反應(收縮 또는 弛緩)을 觀察함으로써 各 半規管과 各 外眼筋間의 反射路나 機能的 相關關係를 追求한 많은 研究가 있었으나, 研究者에 따라 實驗動物이나 實驗方法을 달리함으로써 그 實驗結果에 相當한 差異가 있음을 볼 수 있고 따라서 이 問

題에 對한 定說을 아직 얻지 못하고 있다^{1~6)}.

특히 家兎를 實驗對象으로 使用한 諸研究者들의 至今까지의 研究報告만을 綜合하였을 때에도 各研究者들에 따라 各半規管과 眼直筋(內, 外直筋 및 上, 下直筋)間의 關係에 있어서는 相當한 差異를 보이거나, 各半規管과 眼斜筋의 關係에 있어서는 研究者에 따라 相互一致되는 點을 認定할 수 있었다^{7~10)}.

本 研究에서 著者は 家兎를 對象으로하여 各半規管과 外眼筋間의 機能的 關係를 規定할 수 있는 한 原則을 樹立할 것을 目的으로 各半規管을 選擇의 刺戟했을때의 各斜筋의 反應을 觀察하기로 하였다. 即 1) 各半規管膨大部 神經起始部の 電氣刺戟法¹¹⁾, 2) 管內液變位法^{12, 13)}, 3) 半規管膨大部의 急速冷凍法¹⁴⁾ 등으로 各半規管을 選擇의 刺戟함으로써 그 半規管의 興奮의 또는 抑制의 效果를 일으키고 各眼斜筋의 張力變化와 筋活動性(筋電圖上의)을 觀察함으로써 우선 各半規管과 各斜筋間의 關係를 確實히 究明하고자 하였다.

主로, 家兎에서 Utzumi¹⁵⁾, Suzuki 등¹⁶⁾, Ito 등^{7, 8)}이 報告한 實驗結果와 著者の 實驗結果를 比較檢討함으로써 既報告者들의 實驗的 誤謬를 指摘할 수 있었고 半規管과 眼斜筋間의 機能的 關係를 規定할 수 있는 意義있는 結果를 얻었기에 報告하고자 한다.

實驗 方法

實驗動物 : 成熟하고 健康한 家兎를 雌雄의 區別없이 使用하였고, 體重 1 kg 當 1.0 g 的 urethane 을 耳介靜脈內에 注射하여 麻醉한 後 實驗하였으며, 數 時間이 經過된 後부터는 必要에 따라 少量의 urethane 을 追加注射하였다.

外眼筋의 處理 : 動物을 伏臥位로 固定하여 두고, 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, 眼球附着部를 絹絲로 結紮한 後 切斷하였다. 上斜筋은 그 滑車를 除去한 後 處理하였다.

眼筋張力變化의 記錄 : 眼筋을 筋長調節器에 連結한 isometric force transducer 에 매달아 適當한 筋長으로 固定한 後 polygraph(Narco Biosystems Inc., Physiograph Four B) 上에 그 等長性張力變化를 記錄하였다. 必要에 따라 上斜筋과 下斜筋의 張力變化를 別個의 channel 에 同時에 記錄하였으며 이때에는 그 gain amplitude 를 可及의 同一하게 하였다.

眼筋活動性의 記錄 : 眼筋活動性의 變化를 觀察할 때는 Basmajian 및 Stecko¹⁷⁾의 方法에 따라 眼筋內에 2

個의 微細한 針電極(pin electrode)을 插入하여 두고 記錄用 電極으로 하였으며 筋電圖用 High Gain Pre-amplifier 로써 增幅한 後 前記한 Physiograph 上에 張力變化와 同時에 記錄하였다.

前庭半規管의 露出 및 處理 : 前庭半規管의 露出은 Anderson 및 Gernandt¹⁸⁾의 方法에 準하였다. 動物을 側臥位로 固定하고 頭蓋 側後部에서 內耳에 接近하여 3個의 骨性半規管을 모두 露出시켜 두었다.

半規管 神經의 電氣刺戟 : 半規管 神經의 電氣刺戟法은 Kim¹¹⁾의 方法에 準하였다. 即 半規管膨大部로부터 一定한 距離의 骨性半規管壁에 微小한 瘻孔을 만들고 이 瘻孔을 통하여 微細한 單電極을 插入하되 露出된 先端이 膨大部神經起始部에 接近된 位置에서 固體 paraffin 을 ぬ려 固定하여 두었으며, 無關電極은 頭部筋內에 插入하여 固定하여 두고, 單電極刺戟을 施行하였다. 矩形波(0.1 millisecon)刺戟을 하였으며 刺戟頻度는 240~250 Hz¹⁹⁾로 하였고, 刺戟強度는 任意로 調節하여 刺戟하였다.

半規管內液 變位法 : Szentagothai¹²⁾가 개나 家猫에서 施行한 方法을 家兎에 알맞게 改善하여 使用한 Lee 의 方法¹³⁾을 使用하였다. 即 microsyringe(50 μ l, Hamilton Co.)에 細小한 polyethylene tube(No. 10, ID, 0.011" \times OD, 0.024")를 連結한 後, 이 tube 의 末端에 微細한 cannula(26 gauge 注射針을 切斷하여 그 末端을 가늘게 갈아 만든것)를 連結하고, 이 cannula 와 tube 및 microsyringe 內에는 體溫과 同一한 溫度의 生理的 食鹽水를 充滿시킨 後, 骨性半規管壁에 만든 작은 구멍을 통하여 膨大部方向으로 cannula 의 先端을 插入하여 固體 paraffin 을 使用하여 固定시켜 두었다. 管內液의 流動을 일으킬때, ampullopetal flow(膨大部를 向한 流動)를 일으킬 때는 微量(1~3 μ l)의 管內液을 注入하였으며, ampullofugal flow(膨大部에서 管部를 向한 流動)를 일으킬 때는 微量의 管內液을 逆方向으로 吸出し킴으로써 管內液의 流動을 일으켰다.

後半規管膨大部의 急速冷凍 : 미리 露出시켜 놓은 骨性後半規管의 膨大部에, 小型의 壓縮 freon gas 筒을 利用하여 freon gas 를 10~15秒間 集中噴射하여 急速히 膨大部를 冷凍시키는 方法을 使用하였다¹⁴⁾.

實驗 結果

I) 前半規管興奮時의 眼斜筋의 反應

(A) 前半規管神經刺戟에 對한 斜筋의 反應 : 一側 前庭에서 前半規管神經을 電氣刺戟하여 興奮시키고 이

때 兩眼에서 兩斜筋의 張力反應을 記錄하여 보았다. 前半規管神經刺戟으로 同側 眼에서 上斜筋은 興奮하여 收縮하였고 下斜筋은 抑制되어 弛緩하였다. 反對側 眼에서는 上斜筋은 抑制되어 弛緩하였고 下斜筋은 興奮하여 收縮함을 觀察할 수 있었다.

Fig. 1-A의 a는 右側 前半規管神經刺戟(RAC)에 對한 右側 眼 上斜筋(RSO)과 下斜筋(RIO)의 反應을 나타낸다. 同一強度의 刺戟을 反復하면 反應의 크기도 同一하게 再現됨을 볼 수 있고 또한 上斜筋과 下斜筋間에 拮抗的 反應을 나타냄을 볼 수 있다. Fig. 1-A의 b는 右側 前半規管神經刺戟에 對한 左側 眼의 上斜筋(LSO) 및 下斜筋(LIO)의 反應을 나타내며 이때는 右側 眼(Fig. 1-A의 a)에서 觀察한 것과 正反對樣相의 反應임을 볼 수 있다(Fig. 1-A의 a 및 b참조).

(B) 前半規管內液變位에 對한 斜筋의 反應: 垂直半規管은 그 管內液의 ampullofugal flow에 依하여 膨大部受容器가 興奮함이 알려져 있음으로 一側 前半規管만을 興奮시킬 目的으로 ampullofugal flow를 일으

키고 이때 兩眼에서 斜筋의 張力變化를 觀察하여 보았다. 그 結果 微量(1~3 μl)의 管內液을 吸出し킴으로써 ampullofugal flow를 일으키면 同側 眼에서는 上斜筋이 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였으며 反對側 眼에서는 反對로 上斜筋은 弛緩하고 下斜筋이 收縮하였다. 이들 眼筋의 反應은 大概 一過性的 反應을 보였으며, 上斜筋과 下斜筋間에는 拮抗的 關係를 示하였다. 또한 一側 前半規管에서 그 膨大部神經을 電氣刺戟하여 興奮시켰을 때와 ampullofugal flow를 일으켜 半規管膨大部 受容器를 興奮시켰을 때의 兩眼의 斜筋反應이 一致함을 볼 수 있었다.

Fig. 1-B의 a는 右側 前半規管內 ampullofugal flow(↑fRAC)에 對한 同側 眼 兩斜筋의 反應을, Fig. 1-B의 b는 ampullofugal flow(↑fRAC)에 對한 反對側 眼 兩斜筋의 反應을 나타낸다. Fig. 1-A의 a와 1-B의 a를 比較하거나, Fig. 1-A의 b와 1-B의 b를 相互比較할 때 眼筋張力變化의 樣相이 모두 一致함을 알 수 있다(Fig. 1참조).

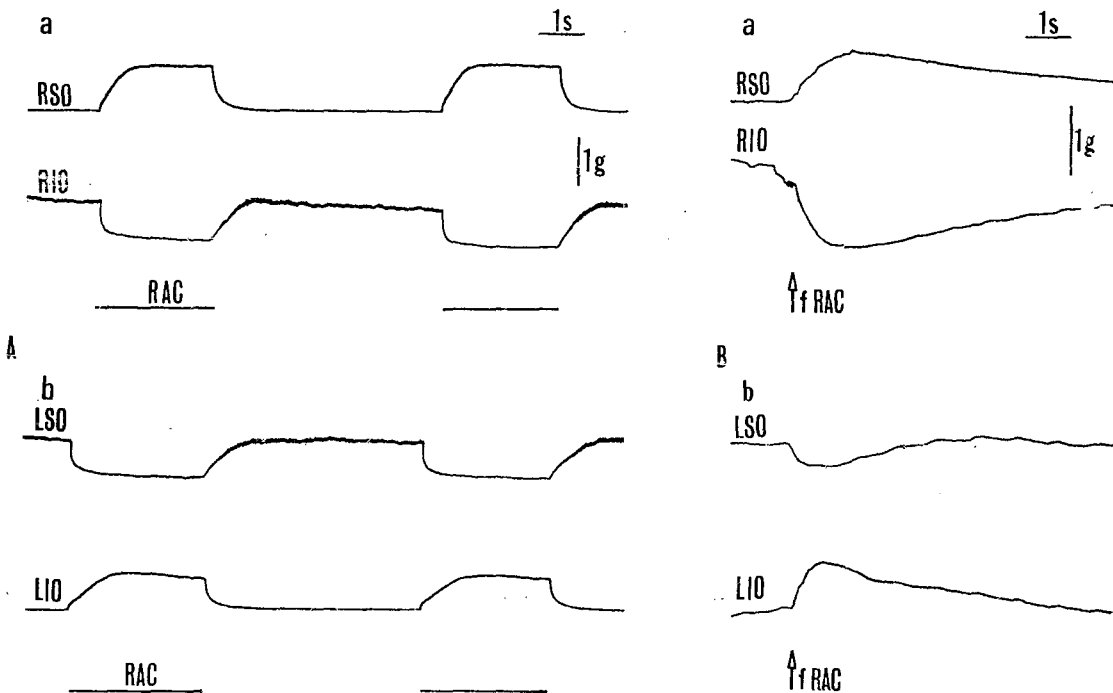


Fig. 1. Reflex responses of the extraocular muscles to vestibular anterior canal excitation. A, the oblique muscle responses to the ipsilateral (a) and contralateral (b) anterior canal nerve stimulation; RSO, right superior oblique muscle; LIO, left inferior oblique muscle; RAC, electrical stimulation of right anterior canal nerve; horizontal line (—) represents the period of electrical stimulation; B, the same oblique muscle responses to lymphatic fluid flow in the ipsilateral (a) and contralateral (b) anterior canal; ↑fRAC, ampullofugal flow in the right anterior canal.

II) 後半規管 興奮時의 眼斜筋의 反應

(A) 後半規管神經刺戟에 對한 斜筋의 反應 : 一側 前庭의 後半規管神經을 電氣刺戟하여 興奮시키고 兩側 眼에서 斜筋의 張力變化를 記錄하여 보았다. 後半規管神經刺戟으로 同側 眼에서 上斜筋은 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였으며, 反對側 眼에서는 上斜筋이 弛緩하고 下斜筋이 收縮하였다.

Fig. 2-A의 a는 右側 後半規管(RPC) 神經刺戟에 對한 右側 眼斜筋(RSO & RIO)의 反應을, Fig. 2-A의 b는 左側 後半規管(LPC) 神經刺戟에 對한 右側 眼斜筋의 反應을 記錄한 것으로, 一側 眼에서 兩斜筋의 反應을 記錄하면서 刺戟되는 後半規管神經의 側性을 바꾸면 反應이 反對方向으로 逆轉됨을 볼 수 있다(Fig. 2-A 참조).

(B) 後半規管內液變位에 對한 斜筋의 反應 : 一側 眼에서 兩斜筋의 張力變化를 同時에 記錄하면서 同側과 反對側 後半規管에서 管內液 流動을 일으키고 이에 對

한 反應을 보았다. 1~3 μ l의 管內液을 吸出시켜 ampullofugal flow를 일으키면, 同側 眼에서 上斜筋은 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였으며, 反對側 眼에서 上斜筋은 弛緩하고 下斜筋은 收縮함으로써 反應이 逆轉되어 나타났다. Fig. 2-B의 a는 右側 後半規管內 ampullofugal flow(\uparrow fRPC)에 對한 右側 眼斜筋의 反應을, Fig. 2-B의 b는 左側 後半規管內 ampullofugal flow(\uparrow fLPC)에 對한 右側 眼斜筋의 反應을 보여준다. 따라서 後半規管內液의 ampullofugal flow에 依한 眼斜筋의 反應은 後半規管神經刺戟에 對한 反應과 一致함을 알 수 있었다.

Fig. 2-A의 a와 2-B의 a에서 張力變化의 樣相이 一致함을 볼 수 있고, 또한 Fig. 2-A의 b와 2-B의 b에서도 張力變化의 樣相이 同一함을 알 수 있다(Fig. 2참조).

III) 水平半規管興奮時의 眼斜筋 反應

他研究者들의 家兎에서의 研究結果에 따르면 水平半

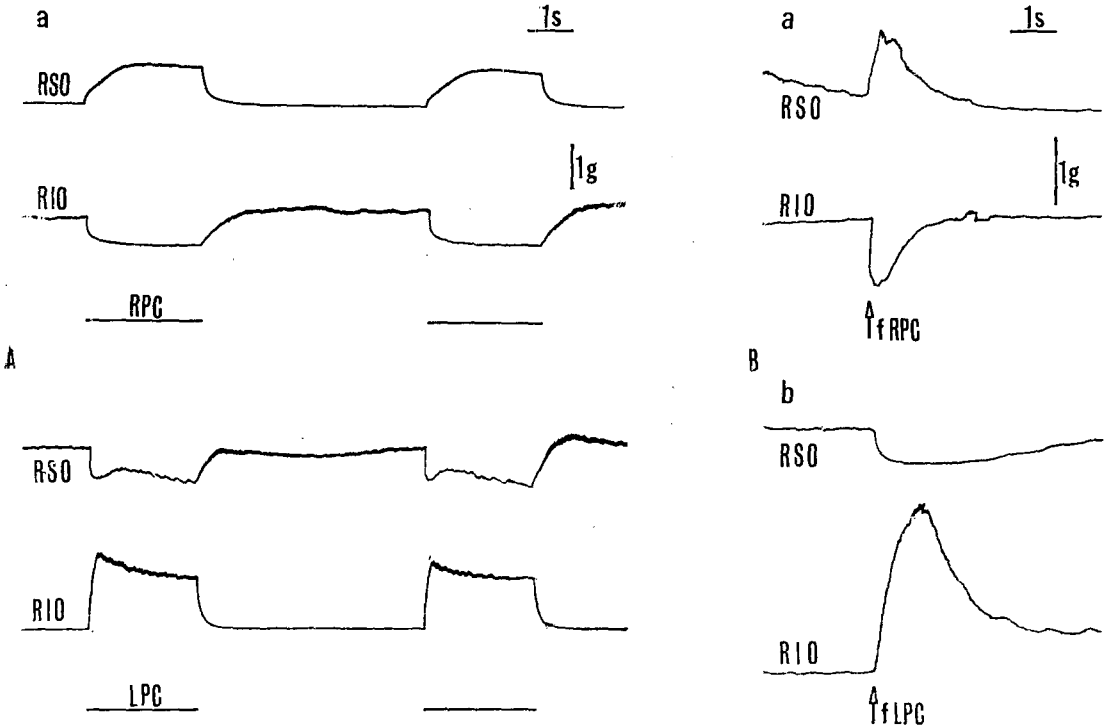


Fig. 2. Reflex responses of the extraocular oblique muscles to vestibular posterior canal excitation.

A, the oblique muscle responses to the ipsilateral (a) and contralateral (b) posterior canal nerve stimulation; RPC, electrical stimulation of right posterior canal nerve; LPC, electrical stimulation of left posterior canal nerve; B, the same oblique muscle responses to lymphatic fluid flow in the ipsilateral (a) and contralateral (b) posterior canal; \uparrow fRPC, ampullofugal flow in the right posterior canal; \uparrow fLPC, ampullofugal flow in the left posterior canal; other notations as in the previous figure.

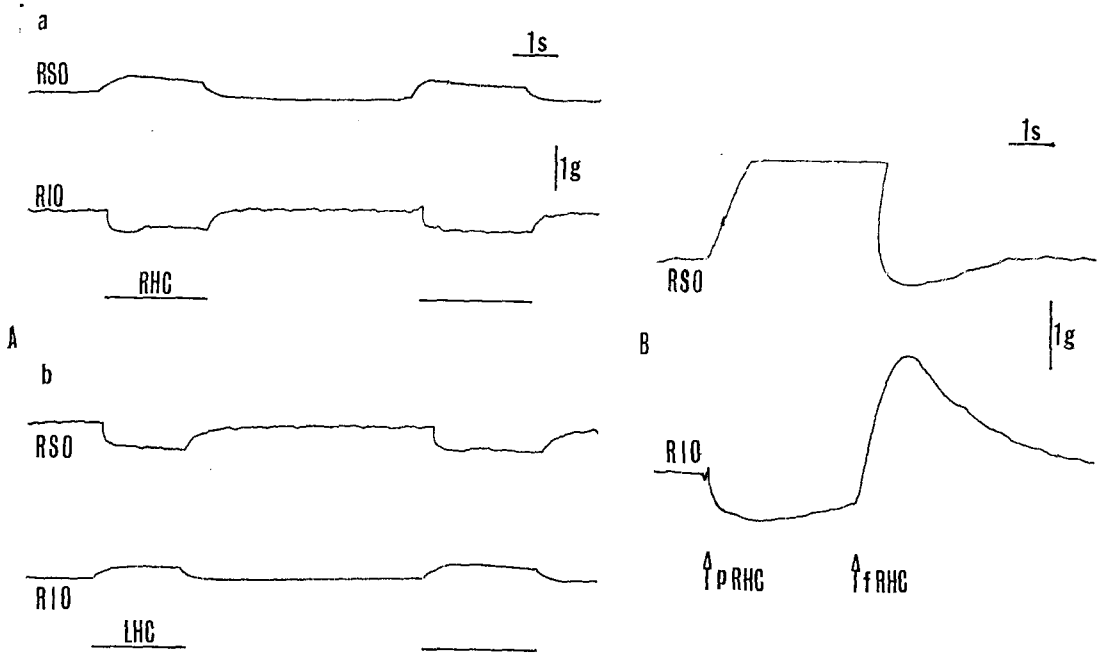


Fig. 3. Reflex responses of the extraocular muscles to vestibular horizontal canal stimulation.

A, the oblique muscle responses to the ipsilateral (a) and contralateral (b) horizontal canal nerve stimulation; RHC, electrical stimulation of right horizontal canal nerve; LHC, electrical stimulation of left horizontal canal nerve; B, the same oblique muscle responses to lymphatic fluid flow produced in the ipsilateral horizontal canal; ↑pRHC, ampullopetal flow in the ipsilateral (right) horizontal canal; ↑fRHC, ampullofugal flow in the same canal.

規管의興奮은斜筋에는影響을 주지 않은 것으로 알려져 있다. 그러나 家猫에서는 水平半規管의興奮으로도斜筋의反射的反應을招來한다는報告가 있음으로 이點을檢討하고자 一側 前庭에서 水平半規管神經을刺戟하거나 水平半規管内液의流動을 일으키고, 이때 兩眼斜筋의反應을記錄하여 보았다.

(A) 水平半規管神經刺戟에 對한斜筋의反應: 一側 前庭에서 水平半規管神經을電氣刺戟하고 兩眼에서斜筋의張力變化를記錄하여 보았다. 水平半規管神經을電氣刺戟했을 때 前記한 I 및 II項의實驗에서와 같이 兩側 眼에서 모든斜筋의反應을招來하였다. 卽 同側 眼에서 上斜筋은收縮하고 下斜筋은弛緩하였으며 反對側에서는 이와正反對의反應을 일으켰다.

Fig. 3-A의 a는 右側 水平半規管神經刺戟(RHC)때의 右側 眼斜筋의反應을, 3-A의 b는 左側 水平半規管神經刺戟(LHC)때의 右側 眼斜筋의反應을 보여준다. a와 b에서刺戟되는 水平半規管神經의側性이反對로 바뀌어짐에 따라反應도反對로逆轉되어 나타남을 볼 수 있다(Fig. 3-A 참조).

(B) 水平半規管内液變位에 對한斜筋의反應: 水平半規管에서는 ampullopetal flow에依하여 膨大部受容器가興奮하고, ampullofugal flow에依하여抑制됨이 알려져 있으므로 管内에微量의液體를注入하거나, 管内에서微量의液體를吸出し킴으로써, ampullopetal flow나 ampullofugal flow를 일으키고斜筋의張力變化를觀察하였다. 一側 水平半規管内에 ampullopetal flow를 일으키면 同側眼에서는 上斜筋이收縮하고 下斜筋은弛緩하였고 反對側에서는反應이正反對로逆轉되어 일어났다. 또한 ampullofugal flow를 일으켰을 때는 ampullopetal flow를 일으켰을 때惹起되는眼筋의反應과正反對反應을招來하였다.

Fig. 3-B는 右側 水平半規管内에 ampullopetal flow(↑pRHC)를 일으켰을 때 同側眼에서 上斜筋은收縮하고 下斜筋은弛緩하나, ampullofugal flow(↑fRHC)를 일으키면 上斜筋은弛緩하고 下斜筋이收縮함으로써反應이逆轉됨을 나타낸다. 이때 ampullopetal flow 때의張力變化는 3-A의 a에서 보는張力變化와一致하고 ampullofugal flow 때의張力變化는 3-

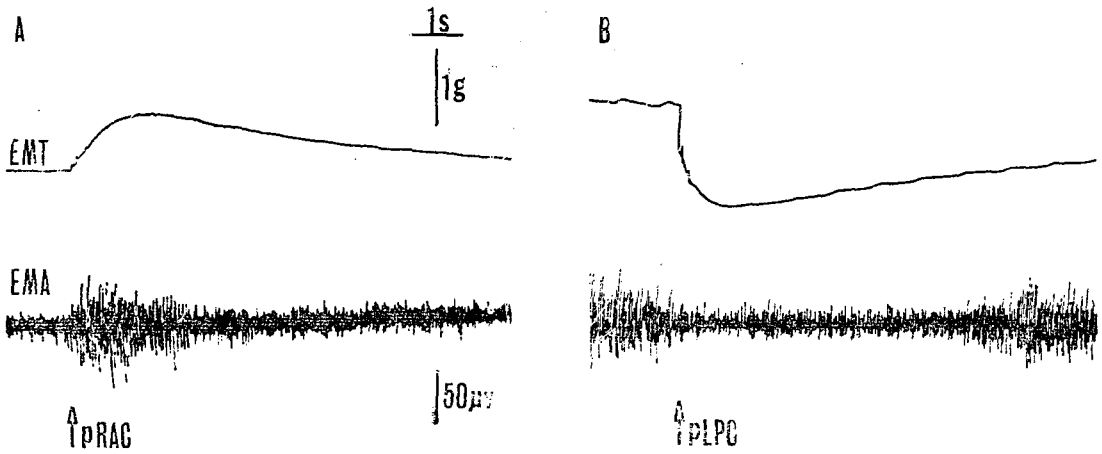


Fig. 4. Reflex changes of the tension and EMG activity of the right inferior oblique muscle in response to lymphatic fluid flow in the two vestibular canals composing a functional pair; A, response of the right inferior oblique muscle to ampullopetal flow in the right anterior canal (↑pRAC); B, response of the same oblique muscle to ampullopetal flow in the left posterior canal (↑pLPC).

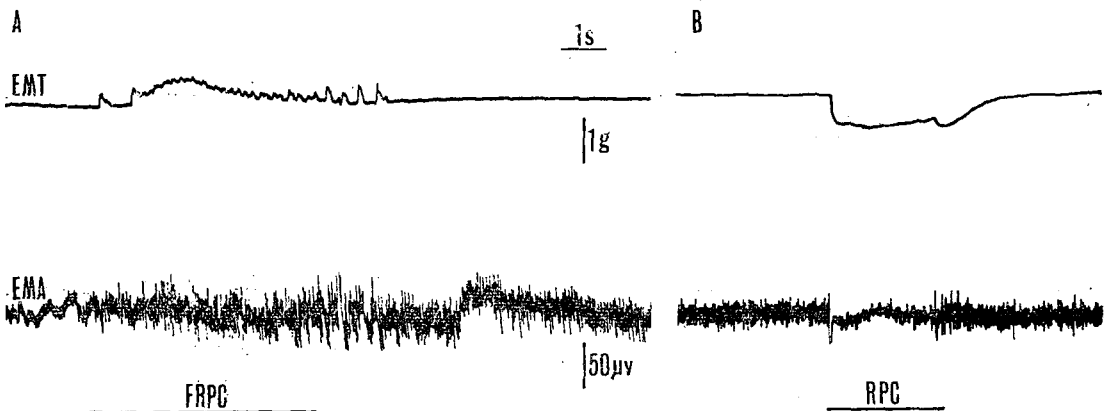


Fig. 5. Reflex changes of the tension and EMG activity of the right inferior oblique muscle in response to rapid freezing (A) and electrical stimulation (B) of the ipsilateral posterior canal; FRPC, rapid freezing of the right posterior canal; RPC, electrical stimulation of the right posterior canal nerve.

A의 b에서 본 張力變化와 그 樣相이 一致함을 알 수 있다(Fig. 3참조).

IV) 兩側 前庭 半規管 抑制時의 斜筋反應의 比較

前庭이 生理的으로 刺戟될 때는 2個의 半規管(兩側 前庭에서 各 1個씩)이 하나의 機能對를 이루어 刺戟되므로 한 機能對를 이루는 2個의 半規管은 한 眼筋에 對하여 相互 正反對의 影響을 미칠 것으로 期待된다. 따

라서 一側 前庭에서는 前半規管을, 그 反對側 前庭에서는 後半規管을 擇하여 이들 半規管內에 차례로 ampullopetal flow를 일으킴으로써 이들 半規管이 抑制되었을때의 斜筋의 反應을 觀察하여 보았다. 卽 먼저 一側 前庭 前半規管內에 ampullopetal flow를 일으키고 同側 眼 下斜筋의 張力變化와 筋電圖를 同時에 觀察한 結果, 張力은 增加하고 筋電圖上에서 筋活動性이 顯著히 增加함으로써 이 眼筋이 收縮함을 볼 수 있었다.

反對側 後半規管內에 ampullopetal flow 를 일으켰을 때는 張力은 減少하고 이때 筋活動性도 顯著히 抑制됨으로써 弛緩함을 알 수 있었다.

Fig. 4-A 는 右側 前半規管內에 ampullopetal flow 를 일으켰을 때의 右側 眼 下斜筋의 張力과 筋電圖反應을, 4-B 는 左側 後半規管內에 ampullopetal flow 를 일으켰을 때의 同一眼筋(右側 眼 下斜筋)의 反應을 보여준다. Fig. 4-A 와 4-B 에서 그 張力 變化 및 筋活動性의 變化가 正反對의 樣相임을 볼 수 있다(Fig. 4 참조).

V) 一側 後半規管急速冷凍時의 斜筋의 反應

後半規管은 前 및 水平半規管과 그 膨大部가 相當히 隔離되어 있어 freon gas 噴射法을 利用하여 後半規管 膨大部만을 選擇적으로 急速히 冷凍시키는 方法이 알려져 있음으로, 이 方法으로 一側 後半規管만을 抑制시켰을때 同側 下斜筋의 反應을 觀察하고 同一半規管神經을 刺戟했을 때의 同一眼筋의 反應과 比較하여 보았다. 一側 後半規管膨大部에 freon gas 를 噴射하여 急速冷凍시키고 同側 下斜筋의 張力變化와 筋電圖를 觀察한 結果, 張力은 增加하였고 이에 一致하여 筋活動性도 顯著하게 增加함을 볼 수 있었다.

Fig. 5-A 는 右側 後半規管의 急速冷凍때의 右側 眼 下斜筋의 張力變化와 筋電圖反應을 보여주며, 5-B 는 同一半規管(右側 後半規管) 神經의 電氣刺戟때의 同一眼筋(右側 眼 下斜筋)의 反應을 나타낸다. Fig. 5-A 와 5-B 에서 眼筋의 張力變化, 筋活動性의 變化가 正反對 樣相임을 볼 수 있다(Fig. 5참조).

考 案

本 實驗에서 前庭의 各 半規管神經을 電氣刺戟하여

興奮시켰을 때에 觀察한 兩眼의 斜筋의 反應을 綜合하면 Table 1과 같다. 卽 一側 前庭에서 前, 後 또는 水平半規管神經을 刺戟하였을때 同側 眼에서는 上斜筋은 興奮하여 收縮하나 拮抗的인 下斜筋은 抑制되어 弛緩하였고, 反對로 反對側 眼에서는 下斜筋이 興奮하여 收縮하고 上斜筋은 抑制되어 弛緩함을 볼 수 있었다.

이와같은 結果를 Utzumi¹⁵⁾의 實驗結果와 比較할때, 前半規管神經刺戟에 對한 斜筋의 反應은 相互一致하나 後半規管神經刺戟時에는 同側 眼에서는 다같이 上斜筋이 收縮함으로써 一致되는 反應을 보였으나, 反對側 眼의 反應이 相異함을 볼 수 있다. 卽 本 實驗에서는 下斜筋이 收縮함에 反하여 Utzumi¹⁵⁾에 依하면 同側 眼에서와 같이 上斜筋이 收縮함을 나타낸다. 이는 兩 眼球가 다같이 眼球 前後軸을 中心으로 回轉하되 兩眼이 共히 encycloduction 을 일으킴을 뜻하므로, 前半規管의 興奮때 와는 眼球回轉의 樣相이 全의으로 相異하고 그 生理的 意義를 理解할 수 없으므로 一種의 理論的 矛盾이라 할 수 있겠다.

著者들의 實驗結果를 Suzuki 등¹⁶⁾의 實驗結果와 比較하면 前半規管이나 後半規管神經을 刺戟했을때의 斜筋 反應이 모두 正反對임을 볼 수 있다. Suzuki 등은 各 垂直半規管神經을 電氣刺戟하면서 眼球의 回轉反應을 觀察하였고, 眼球回轉方向으로부터 眼筋의 反應을 推理하는 方式을 擇하였다.

Suzuki 등은 眼球의 回轉方向으로부터 眼筋의 反應을 推理함에 있어 家猫에서 觀察한 前庭性眼球運動을 基礎로 한듯 하나 그들은 一定한 半規管을 興奮시켰을 때 眼球의 回轉方向이 家猫와 家兎에서 相異함을 보았고 이는 前庭眼球反射路(前庭半規管과 眼筋間의 反射路)가 動物의 種에 따라 變異(variation)를 同伴하고 있을 것이라 推理하였다. 그러나 Kim^{9~10)}은 그와같은 可能性을 否定한 바 있다. 卽 家猫와 家兎에서 前庭性

Table 1. Comparison of experimental results of previous and present authors

Authors	Canal Stimulated		Posterior canal		Horizontal Canal		
	Eye-laterality	Anterior Canal	IPSI	CONT	IPSI	CONT	
Utzumi		IPSI	CONT	IPSI	CONT	IPSI	CONT
Suzuki et al.		IPSI	CONT	IPSI	CONT	IPSI	CONT
Ito et al.		IPSI	CONT	IPSI	CONT	IPSI	CONT
Present Authors		IPSI	CONT	IPSI	CONT	IPSI	CONT

Extraocular oblique muscle which revealed excitatory reaction(contraction), in response to each canal nerve stimulation, are shown according to experimental results of each author; the antagonist muscle to the ocular muscle shown in the table is expected to reveal inhibitory reaction(relaxation); IPSI, ipsilateral; CONT, contralateral; S.O., superior oblique muscle; I.O., inferior oblique muscle.

眼球運動이 相異함은 反射路의 差異에 基因하지 않고 一部 眼筋(특히 斜筋)의 機能이 兩種動物에서 相異함에 基因하는 것이라 하였다.

Kim¹⁰⁾은 各 半規管神經을 電氣刺戟하였을 때의 斜筋의 反應을 觀察하였으며 이를 Cohen 등²⁰⁾이 家猫에서 觀察한 斜筋의 反應과 比較할때는 完全히 一致됨을 볼 수 있었다. 卽 兩種動物間에 一定 半規管의 興奮으로 惹起되는 前庭性 眼球 運動方向에는 相異한 點이 있으나, 眼筋의 反應은 同一한 것임을 強調하였고, 따라서 種에 따라 前庭半規管과 眼筋間의 機能的關係에는 變化가 없을 것이라 하였다. Suzuki 등은 斜筋의 反應을 直接觀察하지 않고 眼球의 反應으로써 이를 間接的으로 推理함으로써 實驗的 誤謬를 內包하게 된 것이라 思慮된다.

Ito 등의 實驗結果와 著者들의 實驗結果를 比較할때 Ito 등의 경우 水平半規管神經刺戟때에 斜筋의 反應이 全無한 點以外에는 兩者間에 完全히 一致함을 볼 수 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 Utzumi, Suzuki 등, Ito 등은 모두 水平半規管이 興奮하였을 때는 眼斜筋은 反應을 하지 않는 것으로 斷定하고 있다. 그러나 本 實驗에서는 水平半規管을 電氣刺戟하였을 때에도 兩斜筋이 顯著한 拮抗的 反應을 일으킴을 實證할 수 있었다. 卽 一側 水平半規管神經刺戟으로 同側 眼에서는 上斜筋이 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였으며, 反對側 眼에서는 下斜筋이 收縮하고 上斜筋이 弛緩함을 觀察할 수 있었다. 따라서 本 實驗成績을 바탕으로 하나의 法則性(axiom)을 提示한다면 一側 前庭의 어느 半規管이 興奮하거나 同側 眼에서는 上斜筋이 收縮하고, 下斜筋은 弛緩하며, 反對側 眼에서는 이와 正反對의 關係가 成立함을 들 수 있다.

上記한 바 各 半規管神經刺戟에 對한 眼斜筋의 反應에 있어서 Utzumi, Suzuki 등, Ito 등 및 本 實驗의 半規管神經電氣 刺戟에 對한 反應間에는 相互 矛盾되는 點이 많으므로 이 點을 實驗的으로 檢討하고자 하였다. 從來半規管은 그 膨大部受容器의 機能的 極성이 垂直半規管과 水平半規管에 있어 差異가 있음이 알려져 있다^{21~23)}. 卽 垂直半規管은 ampullofugal flow에 의하여 그 受容器가 興奮하고 ampullopetal flow에 의하여 抑制되며, 水平半規管은 反對로 ampullopetal flow에 의하여 興奮하고 ampullofugal flow에 의하여 抑制됨이 알려져 있다. 本 實驗에서 一定한 垂直半規管內에 ampullofugal flow를 일으켰을 때는 同一半規管의 神經刺戟때와 同一한 眼筋 反應을 招來하였고, 反對로 ampullopetal flow를 일으켰을 때는 神經刺戟

때와 正反對의 眼筋反應을 일으킴으로써 半規管의 神經刺戟으로 觀察했던 眼筋反應을 뒷받침하여 주었다.

水平半規管內에 ampullopetal flow를 일으켜 膨大部 受容器를 興奮시켰을 때에는 同一水平半規管神經을 電氣刺戟했을 때와 同一한 斜筋反應을 일으켰고 ampullofugal flow를 일으켜 抑制시켰을때는 神經刺戟했을때와 正反對의 斜筋反應을 일으킴으로써 水平半規管 神經刺戟때에 觀察한 眼筋反應을 다시 뒷받침 하여 주었다. 따라서 水平半規管도 兩斜筋과 密接한 機能的 關係를 가지고 있음을 立證할 수 있었다.

一側 前庭에서 後半規管만을 freon gas 噴霧法으로 急速冷凍시켰을때는 그 半規管神經을 刺戟했을때에 觀察한 眼斜筋의 反應과는 正反對의 反應을 觀察할 수 있었다. 卽 그 半規管의 抑制的 效果를 斜筋의 反應을 통하여 觀察함으로써 本 實驗에서 半規管神經刺戟으로 얻은 斜筋反應을 確認할 수 있었고 本 著者들이 規定하는 半規管과 眼斜筋間의 機能的 關係를 다시 確認할 수 있었다.

Utzumi의 報告에 있어서는 後半規管 興奮時의 反對側 眼斜筋의 反應을 그릇 觀察하였으며 Suzuki 등은 前 및 後半規管神經刺戟時의 眼斜筋의 反應을 모두 그릇 判斷한 것으로 보인다. Ito 등이 垂直半規管神經興奮時에 觀察한 眼筋反應은 著者들의 그것과 完全히 一致됨을 볼 수 있었다. 그러나 Ito 등도 Utzumi와 Suzuki 등과 마찬가지로 水平半規管興奮時에 斜筋에는 아무런 反應이 없는 것으로 報告하고 있음으로 이 點에 關하여는 앞으로 더욱 追究하여 보아야할 課題라 하겠다.

本 實驗에서는 半規管神經을 刺戟하고 斜筋의 反應을 觀察할 때에는 주로 上斜筋과 下斜筋의 反應을 同時에 記錄함으로써 兩筋間에 拮抗的 關係가 成立하는 지를 確認하였고 또한 眼筋의 張力과 筋電圖를 同時에 記錄함으로써 張力の 變化에 一致하여 筋活動性的 變化가 一致하는지를 確認하였다. 또한 半規管神經의 刺戟을 反復할 때는 언제나 一定한 眼筋의 反應이 反復 證明되었다. 따라서 本 實驗成績에는 實驗的 誤謬가 없으리라 推理된다.

結 論

Urethane 麻醉家兎에서 前庭의 各 半規管 神經을 電氣刺戟法, 管內液流動法, 急速冷凍法 등으로 興奮 또는 抑制시켰을때, 兩眼斜筋의 張力이나 筋電圖反應을 記錄하므로써, 各 半規管과 眼斜筋의 機能的 相關性을 追究하였으며 他研究者들의 家兎에서의 實驗報告와 比較

하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 一側 垂直半規管이나 水平半規管의 膨大部神經을 電氣刺戟하면 同側 眼에서는 上斜筋이 收縮하고 下斜筋은 弛緩하였으며 反對側 眼에서는 下斜筋이 收縮하고 上斜筋은 弛緩하였다.

2) 一側 垂直半規管에 일으킨 ampullofugal flow 와 水平半規管內에 일으킨 ampullopetal flow 는 그 半規管의 神經刺戟때와 同一한 眼筋反應을 惹起하였다.

3) 一側 垂直半規管의 急速冷凍은 그 半規管의 神經刺戟때와 正反對의 眼筋反應을 일으켰다.

以上の 實驗結果로서 前庭의 各 半規管과 眼斜筋의 機能的 相關性을 알 수 있었다. Utzumi, Suzuki 등, 他研究者들이 半規管神經의 電氣刺戟으로 觀察한 結果와 比較할때 크게 相馳되는 點이 있었으며 그들의 實驗成績에 實驗의 誤謬가 內包되어 있음을 推理할 수 있었다.

參 考 文 獻

- 1) Gernandt, B.E.: *Vestibular mechanisms. In: Handbook of Physiology. Vol. I, Sec. I, edited by American Physiological Society. Baltimore: Williams and Wilkins, 1959, p. 549.*
- 2) Bach-y-Rita, P.: *Structural and functional aspects of extraocular muscles in relation to vestibulo-ocular function. In: Basic aspects of central vestibular mechanisms, edited by A. Brodal and O. Pompeiano. Amsterdam, London and New York: Elsevier, 1972, p. 463.*
- 3) Cohen, B.: *Vestibulo-ocular relations. In: The control of eye movements, edited by P. Bach-y-Rita. New York and London: Academic Press, 1971, p. 105.*
- 4) Carlo, D. and Eugenio, A.P.: *Response of vestibular units to stimulation of individual semicircular canals. Exptl. Neurol. 24:310, 1969.*
- 5) Carpenter, M.B.: *Central oculomotor pathways. In: Control of eye movements, edited by P. Bach-y-Rita. New York and London: Academic Press, 1971, p. 67.*
- 6) Kim, J.H.: *Functional interrelations between vestibular canals and the extraocular muscles. Proc. Internat. Union Physiol. Sci. 13:385, 1977.*
- 7) Ito, M., Nishimura, N. and Yamamoto, M.: *The neural pathways mediating reflex contraction of extraocular muscle during semicircular canal stimulation in rabbits. Brain Res. 55: 183, 1973.*
- 8) Ito, M., Nishimura, N. and Yamamoto, M.: *The neural pathways relaying reflex inhibition from semicircular canals to extraocular muscles of rabbits. Brain Res. 55:189, 1973.*
- 9) Kim, J.H.: *Studies on the functional interrelations between the vestibular canals and the extraocular muscles. Korean J. Physiol. 8:5, 1974.*
- 10) Kim, J.H.: *Functional relationship between the vestibular canals and the extraocular oblique muscles. Korean J. Physiol. 6:49, 1972.*
- 11) Kim, K.H.: *Reflex eye movements induced by stimulation of the semicircular canal nerve in rabbit. Korean J. Physiol. 2:75, 1968.*
- 12) Szentagothai, J.: *The elementary vestibulo-ocular reflex arc. J. Neurophysiol. 13:395, 1950.*
- 13) Lee, J.H.: *Reflex ocular response to endolymphatic displacement of semicircular canals in rabbits. Chonnam Med. J. 9:111, 1972.*
- 14) Hwang, J.M.: *Eyeball responses to electric stimulation and rapid freezing of posterior semicircular canal nerves in rabbits. Chonnam Med. J. 14:37, 1977.*
- 15) Utsumi, S.: *On vestibular muscle responses. Nippon Jibi Inkoka Gakkai Kaiho, 63: Suppl. 154, 1960.*
- 16) Suzuki, J., Cohen, B. and Bender, M.B.: *Compensatory eye movements induced by vertical semicircular canal stimulation. Exptl. Neurol. 9:137, 1946.*
- 17) Basmajian, J.V. and Stecko, G.: *A new bipolar electrode for electromyography. J. Appl. Physiol. 17:849, 1962.*
- 18) Anderson, S. and Gernandt, B.E.: *Cortical projection of vestibular nerve in cat. Acta Otolaryngol. Stockh. 116:10, 1956.*
- 19) Kim, J.H. and Partridge, L.D.: *Observation on types of response to combinations of neck,*

- vestibular, and muscle stretch signals. J. Neurophysiol.* 32:239, 1969.
- 20) Cohen, B., Suzuki, J. and Bender, M.B.: *Eye movement from semicircular canal nerve stimulation in the cat. Ann. Otol. Laryngol.* 73: 153, 1964.
- 21) Lowenstein, O. and Wersäll, J.: *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*, 184:1807, 1959.
- 22) Trincker, D.: *Bestandspotentiale im Bogengangssystem des Meerschweichens und ihre Änderungen bei experimentellen Cupula-Abbenkungen. Pflüg. Arch. ges. Physiol.* 264:351, 1957.
- 23) Trincker, D.: *Transformation of mechanical stimulus into neurons excitation by labyrinth receptors. Symp. Soc. Exptl. Biol.* 16:289, 1962.