

家兎에 있어서 下斜筋의 作用으로 招來되는 眼球運動

全南大學校 醫科大學 生理學教室

金 在 浹

=Abstract=

Eye Movements Produced by the Inferior Oblique Muscle in the Rabbits

Jeh Hyub Kim, M.D.

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

In urethane anaesthetized rabbits, reflex contraction of the inferior oblique muscle of a unilateral eye was evoked by the stimulation of a relevant vestibular canal nerve. Eye movement evoked by the inferior oblique muscle contraction was carefully observed with naked eyes, and recorded by means of the electrooculographic and electronystagmographic methods. The following results were obtained.

- 1) Contraction of the inferior oblique muscle evoked by a canal nerve excitation produced excycloduction of the eyeball associated with depression (downward rotation) instead of elevation.
- 2) Such depression of the eyeball was demonstrated even after the resection of the inferior oblique muscle.

These experimental evidences indicate that the rotatory action (secondary action of the muscle) of the inferior oblique muscle in the rabbits is apparently different in its direction from those already reported in the binocular animals such as cat, dog and monkey.

緒 論

下斜筋은 上斜筋과 함께 眼筋의 한 拮抗筋對를 이루며 이들 眼筋은 前後軸(anteroposterior axis)을 中心으로 眼球를 回轉시키는 回旋作用(cycloduction)이 主作用인은 周知의 事實이며 이들 斜筋은 二次의인 作用으로 水平軸을 中心으로 眼球를 上方 또는 下方으로 回轉시키는 回轉作用(elevation & depression)이 있음이 알려져 있다¹⁻³⁾.

이 斜筋의 主作用인 回旋作用은 動物의 種에 關係된 이 없이 同一한 듯하나 回轉作用은 動物의 種에 따라 相異하리라는 報告가 있다. 卽 上斜筋은 家猫나 猿숭이에서는 사람에서와 같이 二次의인 作用으로서 眼球의 下方回轉을 일으킨다고 하나^{4,5)} 家兎에서는 이와 反對로 眼球의 上方回轉을 일으킨다고 한다^{6,7)}.

兩眼視性動物인 家猫나 猿숭이와 單眼視性動物인 家兎에서 上斜筋의 二次的作用이 相互正反對라면 上斜筋의 拮抗筋인 下斜筋에서도 同一한 關係가 成立하리

라 期待되므로 이 點을 實驗的으로 檢討하고자 하였다.

本實驗에서는 著者と 他研究者들이 이미 報告한 半規管과 眼筋의 機能的關係를 土臺로 一定한 半規管神經을 興奮시킴으로써 下斜筋을 收縮시키고⁸⁻¹⁰⁾ 이때 眼球反應을 觀察하여 下斜筋의 作用을 檢討해 보았다. 眼球의 反應을 記錄하기 爲해서는 electrooculography와 electronystagmography 를 並行하였다.

實驗方法

實驗動物 및 麻醉

成熟한 家兎 12頭를 使用하였으며 體重 1 kg 當 1 gm 의 uerthane 을 腹腔內에 注射하여 麻醉한 후 實驗하였다.

下斜筋 및 下直筋收縮의 誘發

이미 報告된 半規管과 眼筋의 機能的關係를 土臺로

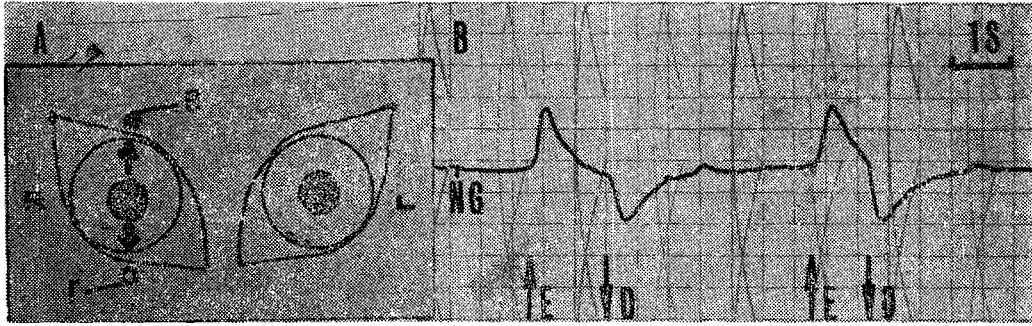


Fig. 1. Nystagmographic record of the vertical eye movements (elevation and depression) caused by manual traction of a thread connected to the central part of the cornea. A: Diagrammatic representation of the positions of the electrodes; e, position of the exploring electrode; r, position of the reference electrode; arrow (\uparrow) indicates the direction of the manual traction; R, right eyeball; L, left eyeball. B: Nystagmographic record (NG) obtained during the vertical rotation; E, elevation (upward rotation); D, depression (downward rotation). Eyeball rotation directed towards the position of the exploring electrode caused upward deflection of the nystagmographic curve, and rotation directed towards the reference electrode caused downward deflection of the curve.

하였으며 一側眼에서 下斜筋의 收縮을 誘發시키기 위해서는 그 反對側迷路의 上半規管神經을 刺戟하였으며 下直筋의 收縮을 일으키고자 할 때는 反對側迷路의 下半規管神經을 刺戟하였다.

半規管神經의 刺戟法

半規管神經을 刺戟하기 爲해서는 內耳의 骨性半規管을 露出시키고 橫徑 0.2 mm의 被覆銅線을 先端만을 露出시킨 後 半規管膨大部內에 挿入固定시켜 두고 刺戟用電極으로 하였으며 400 CPS, 0.1 msec의 矩形波로써 刺戟하였다^{11,12}).

眼球反應의 觀察 및 記錄法

眼球의 角膜中心部에 X字形紙片을 附着시켜 두고 眼球의 回轉方向을 容易하게 肉眼의 觀察할 수 있도록 하였으며 또한 electrooculography와 electronystagmography로써 眼球反應을 記錄하였다.

Electrooculography는 眼球의 角膜中心部를 絹絲로 結紮하여 force transducer에 連結하여 두고 polygraph (Physiograph, Four A; Narco Biosystems Inc.)에 oculogram을 記錄하였다. 이때 眼球가 上方으로 回轉하면 curve가 下方으로 내려가고 眼球가 下方으로 回轉하면 curve가 上方으로 올라가도록 裝置하였다.

Nystagmography는 外眼部分의 一定部位에 記錄用電極을 固定시켜 두고 眼球回轉에 따르는 corneoretinal potential의 影響을 polygraph에 記錄함으로써 眼球

의 回轉方向을 間接적으로 追跡하는 方法을 擇하였다¹³. 即 眼球의 上 및 下方眼瞼皮下에 exploring electrode와 reference electrode를 各各 固定시켜 두고 眼球가 exploring electrode를 向하여 回轉했을 때는 nystagmogram의 curve가 올라가고 反對로 reference electrode를 向해서 回轉했을 때는 curve가 내려가도록 裝置하였다.

實驗成績

I) 手動的으로 일으킨 眼球回轉과 nystagmogram

眼球의 角膜中心部에 絹絲를 結紮한 후 手動的으로 眼球를 上方 또는 下方으로 牽引함으로써 眼球의 上方 또는 下方回轉을 일으키고 이때 corneoretinal potential의 影響을 眼球上·下의 眼瞼部位에 固定한 電極을 통하여 nystagmogram으로 記錄하여 觀察해 보았다. 그 結果 眼球回轉이 exploring electrode를 向하였을 때에는 nystagmogram의 curve가 올라가고 反對로 reference electrode를 向하였을 때에는 curve가 내려가는 것을 反復하여 證明할 수 있었다(Fig. 1 參照).

II) 下斜筋의 收縮과 下直筋의 收縮에 의한 眼球回轉反應의 比較

一側眼에서 주로 下斜筋의 收縮을 일으켰을 때와 下直筋의 收縮을 일으켰을 때의 眼球回轉反應을 比較해 보고자 하였다. 即 一側迷路에서 上半規管神經을 興奮

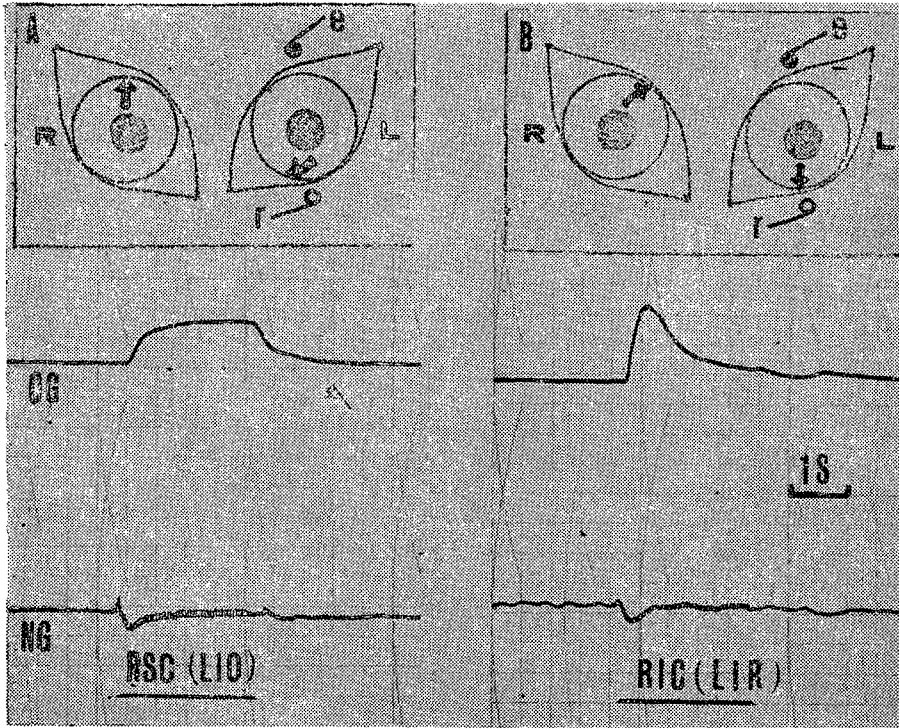


Fig. 2. Comparison of ocular responses induced by the contraction of inferior oblique or inferior rectus muscle. A: Diagram of the bilateral ocular responses to the right superior canal (RSC) nerve stimulation, and oculographic and nystagmographic records (OG & NG) of the responses of left eyeball in which the inferior oblique muscle (LIO) is expected to contract; B: Bilateral ocular responses to the right inferior canal (RIC) nerve stimulation, and oculographic and nystagmographic records of the responses of left eyeball in which the inferior rectus muscle (LIR) is expected to contract. In the oculographic records, upward deflection of the curve indicates downward rotation of the eyeball, and downward deflection indicates upward rotation. The horizontal bar represents the periods of the canal nerve stimulation. Other notations as in Fig. 1.

시키면 反對側眼에서 下斜筋이, 下半規管神經을 興奮시키면 反對側眼에서 下直筋이 主收縮을 일으킴이 알려져 있으므로 一側上半規管神經을 刺戟했을 때와 下半規管神經을 刺戟했을 때의 反對側眼球反應을 比較해 보았다.

反對側上半規管神經을 刺戟하여 下斜筋을 收縮시켰을 때는 眼球의 外回旋(excycloduction)을 일으켰고 이때 眼球의 下方回轉을 同伴하였으며 家猫나 원숭이 등 兩眼視性動物에서 觀察된다는 眼球의 上方回轉反應은 전혀 觀察할 수 없었다.

反對側下半規管神經을 刺戟함으로써 下直筋을 收縮시켰을 때는 眼球의 單純한 下方回轉만을 觀察할 수 있었다.

Fig. 2-A 는 右側上半規管神經(RSC)을 刺戟했을 때의 兩眼의 回轉方向을 圖示한 것이며 또한 左側眼球(L)運動을 記錄한 oculogram(OG)과 nystagmogram(NG)을 보여 준다. 이때 이 左側眼球에서는 下斜筋의 主收縮이 일어나는데 이 眼球의 oculogram은 眼球의 下方回轉을 보여주고 또한 眼球回轉이 始作되는 時期와 原位置로 回復되는 時期를 보여준다. Nystagmogram에서도 exploring electrode의 位置와 反對方向의 眼球回轉(下方回轉)을 읽을 수 있다(眼球의 上方回轉은 전혀 일어나지 않음을 確認할 수 있다). Fig. 2-B에는 右側下半規管神經(RIC)을 刺戟했을 때의 兩眼의 反應을 圖示하였으며 또한 左側眼에서 同時에 記錄한 oculogram과 nystagmogram을 表示하였다. 이때 左

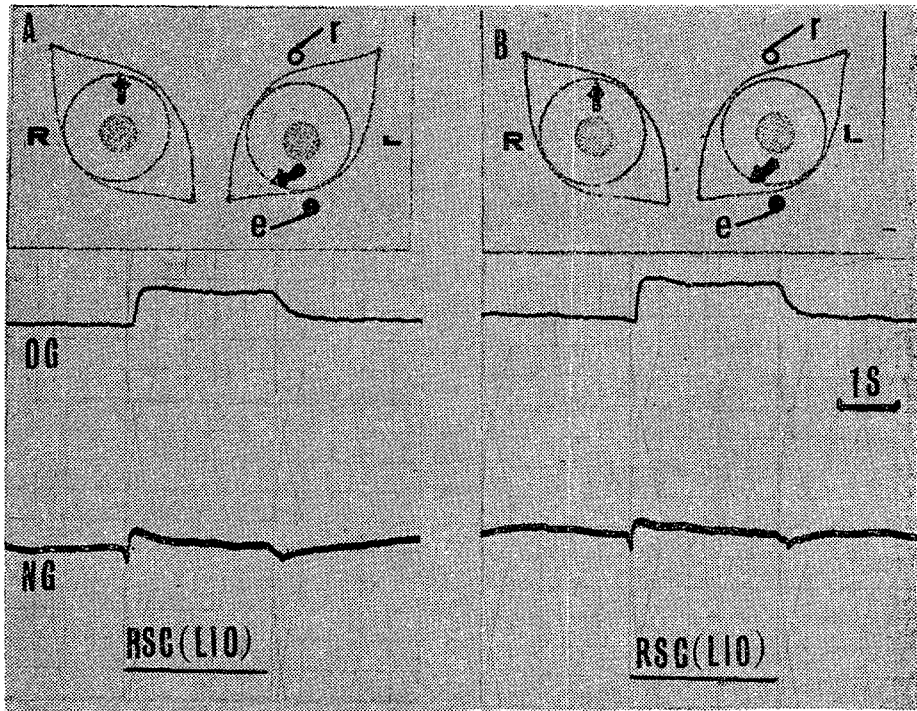


Fig. 3. Ocular responses induced by the excitation of the inferior oblique muscle before and after the resection of vertical rectus muscle. A: Diagram of the bilateral ocular responses induced by the right superior canal(RSC) nerve stimulation, and oculographic and nystagmographic records (OG & NG) of the responses of intact left eyeball. B: Ocular responses and the records after resection of vertical (superior and inferior) rectus muscles of the left eyeball. Resection of the vertical rectus muscles from the eyeball did not cause any significant changes in the ocular response.

側眼에서는 下直筋이 主收縮을 일으키는데 oculogram과 nystagmogram이 모두 이 眼球의 下方回轉을 나타내고 있다.

Fig. 2-A와 2-B를 比較할 때 左側眼球的 眼球(回轉)反應間에는 差異點이 있으나 兩者의 oculogram과 nystagmogram은 定性的으로 同一함을 認定할 수 있다. 卽 下斜筋의 收縮에도 下直筋의 收縮 때와 같이 眼球의 下方回轉이 일어남을 證明할 수 있었다(Fig. 2 參照).

Ⅲ) 下直筋切斷後의 下斜筋收縮에 依한 眼球回轉反應

一側上半規管을 興奮시키면 反對側眼球에서 下斜筋이 主收縮을 일으킨다 한다. 그러나 이때 下直筋이 關與하지 않는다는 報告도 있으나⁹⁾ 下直筋이 共働筋으로서 微弱한 收縮을 일으킨다는 報告가 支配의이다^{8,10,14)}. 따라서 下直筋의 影響을 排除하고 순전히 下斜筋의 收縮에 依한 眼球反應을 觀察하고자 下直筋을 切斷除去

한 후 下斜筋收縮을 일으키고 이에 對한 反應을 觀察하였다. 그런데 이때 下直筋만을 除去하면 殘存하는 上直筋의 影響으로 眼球가 上方으로 回轉하여 偏倚된 것이므로 下直筋과 같이 上直筋도 함께 除去하였다. 그 結果 上 및 下直筋을 除去한 후에도 眼球의 下方回轉反應이 거의 同一하게 惹起됨을 觀察할 수 있었다.

Fig. 3은 左側眼(L)의 上 및 下直筋除去前(A)과 除去後(B)에 右側上半規管神經(RSC)을 刺戟하여 下斜筋(LIO)收縮을 일으켰을 때의 兩眼의 回轉反應을 圖示한 것이며, 이때 記錄한 oculogram(OG)과 nystagmogram(NG)이 다같이 眼球의 下方回轉을 나타내므로 定性的으로 同一함을 볼 수 있다. 卽 下斜筋만의 收縮으로도 眼球의 下方回轉이 일어나고 이는 下直筋의 作用에 關係가 없음을 볼 수 있었다(Fig. 3 參照).

考 案

從來 眼球運動論 論議함에 있어서는 주로 사람이나

원숭이, 개, 家猫 등을 對象으로 하였었다. 사람이나 이들 兩眼視性動物에서 斜筋의 主作用은 眼球前後軸을 中心으로 하는 回旋作用이며 二次的作用으로 眼球的 回轉作用이 있음이 알려져 있다¹⁻⁴⁾. 即 上斜筋에는 下方回轉作用이 下斜筋에는 上方回轉作用이 있다는 것이다. Tokumasu 등⁵⁾은 원숭이와 家猫에서 滑車神經根이나 滑車神經核을 電氣刺戟함으로써 上斜筋의 收縮을 일으키고 이때 眼球反應을 觀察하였는데 眼球正中位에서 內回旋作用(incycloduction)에 下方回轉(depression)이 同伴됨을 보았고 上記한 斜筋에 關한 一般의 概念을 再確認한 바 있다. 한편 Suzuki 등¹⁵⁾은 家猫와 家兔에서 垂直半規管의 興奮으로 惹起되는 眼球運動의 樣態가 相異함에 着眼하여 迷路眼球反射路가 動物의 種에 따라 조금씩 相異하리라는 主張을 하였다.

그러나 著者와 共同研究者들은 家猫와 家兔에서 半規管神經의 刺戟에 依하여 實驗적으로 惹起시킨 迷路性眼球運動의 樣相이 一部相異함은 半規管과 眼筋을 連結하는 迷路性眼球反射路의 差異에 起因되지 않고 迷路眼球反射路는 同一하나 이 兩種動物에서 斜筋의 機能이 相異하기 때문이라 推理한 바 있다^{16,17)}. 本教室에서는 이미 家兔에서 上斜筋의 機能에 關하여 檢討해 보았으며 主作用으로서 眼球的 內回旋作用이 있고, 二次的作用으로 上方回轉作用이 있음을 確認하였으며, 前記한 家猫에서의 報告와 比較할 때 그 主作用은 同一하나 二次的作用의 方向이 相互反對임을 알 수 있었다⁷⁾.

따라서 本實驗에서는 上斜筋의 拮抗筋인 下斜筋의 作用을 檢討하였으며 上斜筋에서 觀察된 바와 相反되는 作用을 나타내는지 實驗적으로 觀察하고자 하였다. 家兔에 있어서 下斜筋의 主作用이나 二次的作用은 모두 上斜筋의 그것과는 正反對方向의 것이었으며, 또한 家猫에서 알려진 下斜筋作用과 比較하면 主作用은 同一하나 二次的作用의 方向이 相互反對임을 볼 수 있었다.

이들 兩種動物에서 下斜筋의 機能이 一部相異함은 斜筋의 起始部—附着部關係(oligo-insertio relation)가 서로 다르기 때문이라 推理되며 모든 兩眼視性動物과 單眼視性動物에서 이와 같이 斜筋의 機能에 差異가 있는지는 앞으로 더욱 推究할 課題라 思慮된다.

結 論

麻酔家兔에서 一定한 半規管을 刺戟함으로써 一側眼의 下斜筋을 收縮시키고 이때 惹起되는 眼球運動을 觀察하였으며 electrooculography 와 electronystagmography 로써 이 眼球運動을 記錄하여 다음과 같은 結果를

얻었다.

1) 半規管神經興奮으로 惹起된 下斜筋의 收縮으로 眼球는 外回旋을 일으키고 이때 下方回轉을 同伴하였다.

2) 一側眼에서 下斜筋의 收縮으로 惹起된 眼球的 下方回轉作用은 下直筋을 切斷한 후에도 證明할 수 있었다.

이와 같은 實驗의 觀察들은 家兔에서 下斜筋의 二次的作用인 回轉作用이 兩眼視性動物에서 알려진 바와는 相異함을 立證하는 것으로 思慮된다.

REFERENCES

- 1) Scobee, R.G.: *The oculorotatory muscles*. p. 91 2nd Ed., Mosby, St. Louis, 1952.
- 2) Duke-Elder, S.: *System of Ophthalmology*. Vol. II, p. 440, 1st Ed., Mosby, St. Louis, 1961.
- 3) Moses, R.A.: *Adler's physiology of the eye*. p. 92, 5th Ed., Mosby, St. Louis, 1970.
- 4) Fink, W.H.: *Surgery of the oblique muscles of the eye*. p. 28, 1st Ed., Mosby, St. Louis, 1951.
- 5) Tokumasu, K., K. Goto, and B. Cohen: *Eye movements produced by the superior oblique muscle*. *Arch. Ophthalmol.* 73:851, 1965.
- 6) Kim, K.H.: *Reflex eye movements induced by stimulation of the semicircular canal nerve in rabbits*. *Korean J. Physiol.* 2:75, 1968.
- 7) Park, B.I. and H.J. Han: *Experimental observation on the superior oblique muscle function in the rabbits*. *J. Korean Ophthalm. Society.* 17:137, 1976.
- 8) Kim, J.H.: *Functional relationship between the vestibular canals and the extraocular oblique muscles*. *Korean J. Physiol.* 6:121, 1972.
- 9) 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.
- 10) Ito, M., N. Nisimura, and M. Yamamoto: *The neural pathways mediating reflex contraction of extraocular muscles during semicircular canal stimulation in rabbits*. *Brain Research.* 55:183, 1973.
- 11) Kim, J.H. and L.D. Partridge: *Observation on*

- types of response to combinations of neck, vestibular, and stretch signals. J. Neurophysiol.* 32:239, 1969.
- 12) Ito, F., P. Bach-Y-Rita, and Y. Yamanaka: *Extraocular muscle intracellular and motor nerve responses to semicircular canal stimulation. Exptl. Neurol.* 24:438, 1969.
- 13) Mowrer, O.H., T.C. Ruch, and N.E. Miller: *The corneoretinal potential differences as the basis of the galvanometric method of recording eye movements. Am. J. Physiol.* 114:423, 1935.
- 14) Utsumi, S.: *On vestibular muscle responses. Nippon Jibi Inkoka Gakkai Kaiho.* 63:Suppl. 154, 1960.
- 15) Suzuki, J., B. Cohen, and M.B. Bender: *Compensatory eye movements induced by vertical semicircular canal stimulation. Exptl. Neurol.* 9:137, 1946.
- 16) Kim, J.H.: *Studies on the functional interrelation between the vestibular canals and the extraocular muscles. Korean J. Physiol.* 8:87, 1974.
- 17) Kim, J.H.: *Studies on the vestibular responses of the eyeballs and extraocular muscles: interrelation between semicircular canals and extraocular muscles. J. Health Fellowship Foundation.* 5:9, 1975.