垂直性眼球運動記録における眼瞼の影響

渡部 啓孝・羽柴 基之・馬場 駿吉

Influence of Eyelids on Vertical EOG Recording

Hiroataka Watabe, Motoyuki Hashiba and Shunkichi Baba

(Nagoya City University Medical School)

Effects of eyelid movements on vertical EOG recording were examined in five subjects. The subjects were instructed to fixate a stationary target, and to change the angle between the edge of upper eyelid and visual axis voluntarily, and compulsively by using a small bar attached to the upper eyelid. In this situation, the eyelid was photographed simultaneously with the D.C. electrooculography recording.

As a result, the potential of the upper electrode correlated negatively to the angle between the edge of the upper eyelid and visual axis, and this supported Barry's theory quantitatively.

These findings indicate that the EOG recording of upward eye movements associated with eye closure (so called Bell's phenomenon) is contaminated by the artifact of upper eyelid movements.

Key words: vertical EOG, artifact, eyelid, Bell's phenomenon

序 文

平衡機能検査において、眼球運動を観察することは、その診断および治療上非常に重要なことである。臨床外来の場においては通常、裸眼やフレンツェル眼鏡下での観察が行われており、またそれを客観的なデータとして記録するための方法として、眼球電図 (EOG : electrooculography または ENG : electronystagmography)、光学的記録法、電磁式記録法、撮影法など¹⁾が考案されてきたが、現在のところ、その安定性、簡易性などから EOG が広く用いられている。しかし、水平性眼球運動に比べ垂直性眼球運動は、その記録時、瞬目や閉瞼の際に起こるとされる Bell 現象^{2)~7)}や眼瞼による artifact⁸⁾⁹⁾が入りやすく、また時に水平成分が混入する^{10)~13)}

などのことから、上下方向の非対称性が生じ EOG による記録、分析は問題が多い。

今回我々は、垂直性眼球電図—vertical EOG—を記録する際に生ずるこのような問題について、瞼裂、特に上眼瞼の動きに注目し、垂直性 EOG 電位と、側面からみた上眼瞼と視線のなす角度との関係について、定性的、定量的に解析し、垂直性眼球運動の EOG 記録における眼瞼の artifact について考察を加えた。

実 験

1) 実験対象

被験者は17歳から29歳までの健康成人5名 (男性3名、女性2名、平均年齢24.6歳) である。

2) 実験方法

まず、被験者の右の眉毛の上と下眼瞼の皮膚に、日本光電製銀-塩化銀皿状電極を装着した。また、接地電極は前額部正中とした。これらの電極から得られた電位は、日本光電製眼振計 (4 ch) を用いて直流増幅し、polygraph にペン書きするとともに TEAC 製 R-81S 型 cassette data recorder から磁気テープに記録した。

以上の設定で、被験者の頭部を固定し、眼前 1 m で被験者の目の高さにある静止した視標を固視させた状態で、上眼瞼のみを他動的 (介達の) に動かしたり、あるいは被験者に随意的に目を広げたり細めたりさせて、瞼裂幅を変え、そのときの垂直性 EOG を記録した。また、瞼裂の広がりを観察するため、被験者の右側方 1 m のところから瞼裂の広がりをカメラで撮影し、後で用手的に上眼瞼と視線の角度を計測した。なお上眼瞼のみを他動的 (介達の) に動かす際には、右上眼瞼に長さ約 20 cm の細い棒の一端をテープで固定し、他端を被験者に持たせ、これを介して、上眼瞼を押し上げたり下げたりさせ、上眼瞼と視線のなす角度を変えた。この操作に際して、眼球を圧迫しないよう留意し、また、上眼瞼のみを動かすことで、下眼瞼の影響を極力排除するようにつとめた。

3) 解析

瞼裂幅を全く意識せずに固視点を普通に注視させたときの、上眼瞼と視線のなす角度、および垂直性 EOG 電位を基準として、そこから瞼裂幅を変えさせ、その時の上眼瞼と視線のなす角度の変化量、および EOG 電位の変化量を比較して、その相関性について検討した。

結 果

この結果、上眼瞼と視線のなす角度の変化量と、垂直性 EOG 電位の変化量との間には、上眼瞼のみを他動的に動かした場合、随意的に瞼裂幅を変えた場合とも、ほぼ全例に渡って、相関係数 -0.9 前後と、かなり高い負の相関性が認められた (表 1)。このことは、すなわち瞼裂幅が広がり、上眼瞼が視線から離れると、垂

直性 EOG 電位は相対的に減少し、逆に上眼瞼が視線に近づくとも電位が上昇するということを意味する。その一例を図 1, 2 に示す。図 1 は、上眼瞼のみを他動的に動かしたときの、また、図 2 は、被験者が、随意的に目を広げたり細めたりしたときの相関性を表すグラフである。この被験者は、上眼瞼を他動的に動かした場合、相関係数が -0.954 、また随意的に動かした場合、 -0.927 となり、他動的に動かさせた方が、より高い相関性を得た。

考 察

眼球には、角膜と網膜の間に一定の電位が存在している。この電位は、角膜網膜電位—corneo-retinal potential—と呼ばれ、人間では、他の脊椎動物と同様、角膜側が陽性、網膜 (後極) 側が陰性で、眼外の回路を角膜側から網膜側へ電流が流れ眼球周囲に電場を形成している。この電場の変化を、皮膚上の電極によりとらえ増幅、記録したものが眼球電図 (EOG) である。この電極の電位変化は、主に眼球運動の際に認

被験者	他動的	随意的
1	-0.923*	—
2	—	-0.879**
3	-0.984*	-0.942*
4	-0.927*	-0.954*
5	-0.300	-0.908**

* : $P < 0.001$

** : $0.001 < P < 0.01$

表 1 上眼瞼と視線のなす角度の変化量と EOG 電位の変化量との相関係数

められ, また眼球偏位角との間に, ある範囲内は直線関係が認められているため, 理論的には眼球運動をほぼ正確に記録することができる. しかし, 実際には临床上 EOG を用いて眼球運動を記録する場合, 眼球が動いていないにもかかわらず EOG 電位が変動することはしばしば遭遇され, 眼球運動以外の因子の関与が示唆される.

このことに対する一考察として1965年, Barry と Melvill Jones⁸⁾ は, 上下眼瞼に注目し, 垂直性 EOG を記録する際に生ずる artifact を, 眼

球に対する眼瞼の相対的な位置変化のためであると報告している. (図3) これは, 眼瞼と比較して, 角膜および強膜の電気抵抗が高いため, 角膜頂から電極までの部分が可変抵抗器を形成することとなり, その結果, 瞼裂幅の変化とともに角膜頂と上眼瞼の間の電気抵抗値が変わって, 電極の電位が変わる (sliding electrode) というものである. 今回の我々の実験も上眼瞼が角膜頂から離れると, EOG 電位が低下し, 近づくとも電位が上昇するという結果が得られ, この理論を定量的に裏付ける結果となっ

垂直性EOG電位の変化量 (μV)

図1 上眼瞼のみを他動的に動かしたときの相関関係

垂直性EOG電位の変化量 (μV)

図2 瞼裂幅を随意的に動かしたときの相関関係

た。また、今回の結果では、上眼瞼のみを他動的に動かした方が、随意的に目を広げたり細めたりさせた場合と比べて、全体的に、より高い相関性が得られた。これは、随意的に瞼裂幅を変えさせ、目を広げたり細めたりすると、眼瞼は上下とも視線から遠のいたり近づいたりするため、EOG 電位は上眼瞼だけでなく、下眼瞼

の影響を受けるためであろうと考えられた。さらに、これらの結果とあわせて、閉瞼に伴う上方への眼球偏位、すなわち Bell 現象について検討した。Bell 現象は、1823年、Bell によって初めて記載され、以後多くの報告がなされているが、いまだに不明瞭な点も多い。この現象は、瞬目、閉瞼の際に全ての外眼筋が小さく放

図3 Barry 氏により提唱されたシェーマ

(Barry W, et al : 1965⁸⁾ より改変)

図4 閉瞼および瞼裂幅を変えたときの垂直性 EOG

A : 閉瞼時 B : 瞼裂狭小時 C : 瞼裂開大時

電し, その結果起こる眼球後退¹⁹⁾, あるいは外眼筋の筋力差¹⁷⁾ によって生ずるといわれているが, その偏位方向に関しては様々な説があり, 上転ではおおむね一致しているが (Collewijn ら²⁰⁾ は, 下転を報告をしているが, これは上眼瞼によってコイルが押し下げられたものと考えられている¹⁵⁾, 水平方向 (内転²³⁾²⁰⁾, 外転⁴⁾⁷⁾¹⁹⁾), および回旋方向⁷⁾ には一致した結論をみていない。さらに, 今回注目したいのは, その上転角度が, 測定方法によってまちまちであり, EOG を用いて計測された上転角度⁵⁾¹⁴⁾ が, 他の方法で得られた上転角度に比べ, 相対的に大きく報告されているということである。我々は, この理由を, 今回の実験結果から, EOG 記録における眼瞼の影響の無視にあると考える。すなわち, 垂直性 EOG 電位は, 閉瞼に際してかなり上昇するが, 一方, 今回の実験のように, ある一点をしっかりと固視させた状態で目をできるだけ細めても, EOG 電位は上昇する。今回の我々の実験で, この上転を, 眼瞼の影響を考慮にいれず単純に計測すると, 図 4 の被験者では, 22.9° (閉瞼直後は 57.1°) 上転している事になる。これに, 上下眼瞼の影響を考慮にいれ, 閉瞼時の EOG 電位から, できるだけ目を細めて視標を見ているときの EOG 電位を引いて計算すると, 12.9° (同様に 47.1°) 上転していることになる。したがって, EOG 電位から単純に閉瞼時の上転角度を求めることは非常に危険であると言える。

結 語

以上より, EOG を用いて垂直性眼球運動を記録する際, 上下眼瞼の影響が EOG に混入することが明かになった。眼瞼による artifact を避けるため, これまでにも一側眼を閉眼させて, 閉眼側の EOG を記録する¹⁸⁾ 方法や下眼瞼の単極誘導する⁸⁾ などの方法が考案されてきている。垂直性の EOG の記録にあたっては眼瞼の artifact が非常に大きいので, その混入を十分念頭にいれ, EOG を読むべきであると考え。

文 献

- 1) 日本平衡神経科学会: 平衡機能検査の実際. 南山堂, 東京, 1986.
- 2) 平岡満里: ヒトのベル現象の生理学的研究. 日眼会誌 **83**: 12; 8~14, 1979.
- 3) 天神光充, 松崎 浩, 平岡満里: 眼瞼運動にもなる眼球運動について. 日眼会誌 **86**: 5; 27~35, 1982.
- 4) 沖山亮一: 正常成人の Bell 現象—XY レコーダーを用いた眼電位図 (EOG) の 2 次元表示—. 臨床神経学 **28**: 5; 517~524, 1988.
- 5) Takemori S: Eye Movements associated with eye closure. 1. Normal subjects. *ORL* **41**: 100, 1979.
- 6) 小田嶋奈津, 石合純夫, 小寺 実, 他: 一側大脳半球障害における閉眼時の眼球運動. 神経内科 **26**: 305, 1987.
- 7) 瀬尾 徹, 池田利夫, 雲井健雄: 閉眼時に於ける眼球運動の記録—サーチコイル法による—. *Equilibrium Res* **42**: 9; 185~191, 1983.
- 8) Barry W and Melvill Jones G: Influence of eyelid movement upon Electro-Oculographic recording of vertical eye movements. *Aerospace Med* **36**: 855~858, 1965.
- 9) Schlag J, Marker B and Schlag-Rey M: Comparison of EOG and search coil techniques in long-term measurements of eye position in alert monkey and cat. *Vision Res* **23**: 1025, 1983.
- 10) Jung R: Eine elektrische Methode zur mehrfachen Registrierung von Augenbewegungen und Nystagmus. *Klin Wchuschr* **18**: 21~24, 1939.
- 11) 内藤 僑: Electronystagmography (電氣的眼振記録法). 耳鼻臨床 **60**: 44~54, 1967.
- 12) Barber HO and Stockwell CW: Manual of electronystagmography. Mosby Company, St. Louis, 1980.
- 13) 伊保清子: 眼窩周囲における角膜網膜電位分布の研究—ENG 記録にみられる仮性眼球運動波形—. *Equilibrium Res* **47**: 2; 196~203, 1988.
- 14) 竹森節子: 閉眼と Nystagmus. *Equilibrium Res* **37**: 2; 271~273, 1978.
- 15) 竹森節子, 森山春子: サーチコイルによる眼球

- 運動の記録・分析. *Equilibrium Res* **45** : 4 ; 310~317, 1986.
- 16) 大平昭彦, 後藤公子, 小沢哲磨 : 瞬目に伴う眼球運動について. *神経眼科* **4** : 2 ; 177~181, 1987.
- 17) 大平昭彦, 後藤公子, 小沢哲磨 : 瞬目と眼球運動. *神経眼科* **5** : 3 ; 300~305, 1988.
- 18) 吉本 裕 : 閉眼下の EOG における“随おさえ”の効果. *耳展* **32** : 2 ; 183~188, 1989.
- 19) Evinger C, Shaw MD, Peck CK, et al : Blinking and associated eye movements in humans, guinea pigs, and rabbits. *J Neurophysiol* **52** : 2 ; 323~339, 1984.
- 20) Collewyn H, Van Der Steen J and Steiman RM : Human eye movements associated with blinks and prolonged eye closure. *J Neurophysiol* **54** : 11~27, 1985.

(別刷請求先 : 渡部啓孝
〒467 名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄 1
名古屋市立大学医学部耳鼻咽喉科学教室)