内 耳 性 眼 振 の 特 徴*

竹 森 節 子**

1. はじめに

内耳に由来する眼振は、その障害部位、障害の程度により異なり、諸検査ことに頭位眼振検査において、多彩な所見を呈する。しかし、共通してみられるその特徴は、視性条件により、特に、影響をうけるということである。日常ルーチン検査において、明所開眼時、眼振が記録されなくても、暗所閉眼、遮眼により眼振が解発され、記録されるということによく遭遇する(図1, A, B)。また、内耳を刺激して解発される眼振、例えば、回転後眼振、温度眼振も、明るい所では著明に抑制される。両側迷路機能廃絶者は、明るい所では身体の平衡を保ちうるが、暗い所では、著しい平衡障害を示すこともよく知られている²⁾。

今回、内耳を刺激して解発される眼振が、視性条件によりどのように、どの程度影響をうけるか、rhesus monkeyを用いて実験した。

2. 方 法

2-4kg の若い成熟 rhesus monkey を使用し、その眼球運動をプラチナ針電極を用い、電気眼振計(Beckman Dynograph)により記録した。眼球運動はDC記録で、水平および垂直方向の動きを記録した。水平眼球運動は、速度波形をみるため微分され、更に、その緩徐相速度のみの記録も行なった(図2)。これらはすべて、データーレコーダーにも記録した。記録中、alertnessを保つため、amphetamine sulfate (0.5mg/kg)を使用した。calibrationは、サルのOKNは、120~135°/secまで直線的に上昇する³⁾ことから、45°/sec OKNの緩徐相速度の大きさを45°/secとして用いた。すなわち、45°/sec OKNを左右5回ずつ45秒間記録し、その最高緩徐相速度の平均値を45°/secとして用いた。各々の最高緩徐相速度は、45秒間で、最高緩徐相速度に達したところのOKN10個の平均値である。

内耳性眼振は、27℃、47℃の水を、20cc、20秒間で左右の耳へ注入することにより解発した。温度眼振は、注水後暗くすると、段々緩徐相速度を増し、最高速度に達し、後、段々と減少し、おわり、第二相へと変わる。20匹のサルでは、約6秒で、最高緩徐相速度に達し、これ

を約20秒間保持し段々と減少した。従って、次の方法により、温度刺激により内耳から解発された眼振に対し、視性条件がどのように影響を及ぼすか、観察した。図2に示すように、20秒間で注水(a)終了後直に光を消し、15秒間暗所(b)、温度眼振の緩徐相速度が最高に達したところで10秒間光をつけ(c)、その後再び暗くして(d)記録した。暗所(b)における温度眼振の最高緩徐相速度(SVb)を100%とすると、これから明所での温度眼振の平均緩徐相速度(SVc)を引いた値が、いわゆる温度眼振に対する明所—fixationによる抑制(visual suppression)である。すなわち、下記の式であらわされる¹¹⁾。

$$\text{visual suppression (\%)} = \frac{SV_b - SV_c}{SV_b} \times 100$$

3. 結 果

1) 内耳性眼振に対する視性条件の影響

図1, Aはサルで右迷路全破壊後に生じた自発眼振の明所、暗所での記録である。明所では、明白でない眼振も暗所では、regularな眼振が記録されている。図1, Bは、右メニエール病患者の自発眼振の記録である。明所一点注視時全く記録されない眼振も、暗所閉眼・遮眼時には、著明な、regularな眼振が記録されている。

2) 内耳性眼振に対する visual suppression

迷路を刺激することにより解発された温度眼振に対する典型的 visual suppressionは、図2に示すごとくである。注水刺激終了直後光を消すと、温度眼振は、その緩徐相速度を次第にまし、最高緩徐相速度に達する。この時光をつけると、眼球は一時緩徐相側へ偏倚し(図2, 第二段矢印)、次いで急速相側へ動き、このように明所では、眼位が不安定である。光をつけると直ちに、温度眼振の緩徐相速度は減少するが、再び暗くすると(図2・d)、緩徐相速度は徐々に回復し、最高緩徐相速度に近くまで達する。

3) visual suppression の測定

20匹のサルを用い、温度眼振に対する visual suppressionを測定した。27℃の水に対する反応は、右耳54%±4、左耳51%±3で平均すると53%±3(信頼係数99%)であった。47℃の水に対しては、右耳50%±3、左耳53%±4で、平均51%±2(信頼係数99%)であった(図3・A)。

同じサルを用い、測定値のバラツキをしらべた。図3

*A characteristic feature of nystagmus originating from the inner ear

**Setsuko Takemori, M.D.

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室(主任: 鈴木淳一教授)

図1 内 耳 性 眼 振

A: サルの右迷路破壊後三日目の自発眼振の明所, 暗所での記録。
 a: 1mark/sec
 b: 眼球運動の DC 記録。cal. 10°
 c: 眼球速度の記録。cal. $100^\circ/\text{sec}$
 d: 緩徐相速度の記録, cal. $100^\circ/\text{sec}$

B: 右メニエール病患者の自発眼振の明所一点注視, 暗所閉眼, 遮眼時の記録。
 a: 1mark/sec
 b: 眼球運動の DC 記録, cal. 10°
 c: 眼球速度の記録

図2 サルの 27°C , 20ccの水に対する温度眼振及び visual suppression

A: 1mark/sec
 B: 眼球運動の DC 記録, cal. 10°
 矢印は, 明所にした時の眼位を示す
 C: 眼球速度の記録。cal. $100^\circ/\text{sec}$
 D: 眼球速度の緩徐相速度の記録 cal. $100^\circ/\text{sec}$
 E: photo cell の記録
 a: 注水明所 20秒 c: 明所 10秒
 b: 暗所 15秒 d: 暗所

図3 温度眼振に対する visual suppression.

A: 20匹のサルの visual suppression の平均値 およびその信頼限界 (信頼係数99%)
 B: visual suppression のバラツキ
 小さなバラツキを示している
 C: 刺激の強さを変えた場合の visual suppression
 有意の差なし
 白丸は右耳, 黒丸は左耳の温度眼振に対する visual suppression を示す。

・Bに示したごとく、左右耳、27°C、47°Cの温度刺激を各5回ずつ与えても、測定値のバラツキは大きくなかった。

この visual suppression が、温度眼振の強さ、すなわち、刺激の強さに関係があるか、しらべるために、刺激に用いた水の温度を、7°C、17°C、27°C、32°C、47°C と変えて visual suppression を測定した。温度眼振の最高緩徐相速度は、刺激の強さに応じて大きくなるが、その温度眼振に対する visual suppression は、図3・Cに示すごとく、約50%で、各温度間の値には有意の差がなかった。

更に、この visual suppression が、サルのおかれていた周囲の光の強さにより影響をうけるか、照度を変えることによりしらべた。1, 8, 17 foot-candles (これは各々15W, 75W, 200Wの電球を用いた) の光の下で測定した visual suppression は、図4・Aに示すごとく、約50%で、各照度間には、有意の差がなかった。

図 4

- A: 光の照度をかえた場合
有意の差なし
B: 連日のテストに対し, visual suppression は
response increase を示している

図5 Flocculus 破壊後の visual suppression

- A: 温度眼振 (27°C) に対する visual suppression の消失を示している (c)。
B: 両側 flocculus 破壊後213日目に右迷路破壊術を行ない, その自発眼振の明所, 暗所での記録。
明所では眼位による影響はあるが, 明所, 暗所ではほぼ同じ緩徐相速度の眼振が記録されている。

4) visual suppression の増強

温度眼振, 回転後眼振など, いわゆる provoked vestibular nystagmus は頻回, 連日のテストにより response decline を示すことは, よく知られている。この visual suppression は頻回, 連日のテストで response increase を示した(図4・B)。なおこの visual suppression を測定した時の温度眼振の最高緩徐相速度は, response decline を示した。

5) visual suppression の減少, 消失

小脳の flocculus を両側全て破壊してしまうと, この温度眼振に対する visual suppression が消失してしまった(図5・A)。このサルの右迷路の破壊後の自発眼振も, 明所, 暗所で同じ緩徐相速度が記録され visual suppression の消失がみられた(図5・B)。

4. 考 察

いわゆる内耳に由来する眼振は, 自発性のものと, 誘発性のものがあり, その両者共に視性条件により, 著しく影響をうけることは古くから知られている。このため自発眼振の観察, 頭位および頭位変換眼振の観察には, Frenzel 眼振を用いるということも日常のルーチン検査で行なわれている⁴⁾。内耳を刺激して誘発される眼振の一つである温度眼振も同様に視性条件により影響をうける⁹⁾, また, その緩徐相速度は眼位により著しい影響をうける⁹⁾。また, 古く, Ohm, J. は, 1926年, 回転後眼振が明所で著しく抑制されることをのべている¹⁰⁾。更に両側迷路機能廃絶者は, 明るい所では平衡を保ちうるが, 暗い所では, 著しい平衡障害を示すことはよく知られている²⁾。

今回測定した温度眼振に対する visual suppression は,

正常サルでは約50%で, 個体差が少なく, 同じサルでもその測定値のバラツキが少なく, 非常に安定した値を示した。またこの visual suppression の値は, 温度眼振解発に用いた刺激の強さ(温度)に対しても, 一定した値を示している。更に, この visual suppression は, 周囲の光の照度にも左右されず, いわゆる見

える状態であれば生じ、これは、単に明るい状態、暗い状態ということではなく、fixation という問題であるということをも物語っている。

いわゆる vestibular nystagmus に関しては、response decline, habituation ということが、問題となり、温度眼振、回転後眼振に対するこの問題の報告は数限りない程多い。しかし、この温度眼振に対する visual suppression は、response increase を示し、この現象は、Collins, W. E.¹⁾, McCabe, B. F.⁸⁾ もフィギュアスケーターの回転後眼振に関し報告している。すなわち、内耳より異常に眼振が生じた場合、視器は、これを抑制するため、明所で fixation というかたちで働き、その抑制は増強する傾向があることを物語っている。

最近、Maekawa, K. らは、視神経などいわゆる visual system を刺激した場合、小脳の flocculus の Purkinje 細胞の活動電位を記録している⁶⁾。これは、いわゆる accessory optic tract を通って climbing fibers により小脳の flocculus の Purkinje 細胞に達すると考えられている。両側の flocculus を破壊すると、この安定した値を示した温度眼振に対する visual suppression が消失するのみならず、この flocculus のないサルの一側の迷路を破壊すると、生じる自発眼振は、明るい所で記録しても、暗い所で記録しても変らないという結果が生じた。このように、flocculus は、内耳に由来する眼振を明所—fixation—により抑制する働きを control していると考ええる。

5. 結 論

内耳性眼振に対する視性条件の影響を、温度刺激により眼振を解発して検討した。温度眼振は、明るくすると直ちにその緩徐相速度が抑制されるが、再び暗くすると徐々に緩徐相速度が増し、最高緩徐相速度に近くまでなった。この温度眼振に対する visual suppression は、約50%で、かなり安定したバラツキの少ない値を示した。この値は、刺激の強さにも左右されず、また、周囲の光の照度にも左右されず、約50%であった。この安定した温度眼振に対する visual suppression は、頻回、連日のテストにより response increase を示し、また小脳の flocculus の両側破壊により消失した。

(本研究は、Dept. of Neurology, The Mount Sinai School of Med., New York 留学中に主としてなされた。本論文の要旨は、第32回日本平衡神経科学会で発表された)。

文 献

- 1) Collins, W.E.: Vestibular responses from figure skaters. *Aerospace Med.* 37: 1098-1104, 1966.
- 2) Dandy, W.E.: The surgical treatment of Ménière's Disease. *Surg. Gyn. & Obs.* 72: 421-425, 1941.
- 3) Fukuda, T., Tokita, T., Hinoki, M. and Kitahara, M.: The physiology of training: The functional development of the labyrinthine function through the daily repetition of rotary, centrifugal, see-saw and pendulum-like motions. *Acta otolaryng.* 56: 239-250, 1963.
- 4) Frenzel, H.: Spontan-und Provokations-Nystagmus Als Krankheitssymptom. Springer-Verlag, Berlin Göttingen Heidelberg, 1955.
- 5) Komatsuzaki, A., Haris, H.E., Alpert, J., and Cohen, B.: Horizontal nystagmus of rhesus monkeys. *Acta otolaryng.* 67: 535-551, 1969.
- 6) Maekawa, K. and Simpson, J.I.: Climbing fiber responses evoked in vestibulocerebellum of rabbit from visual system. *J. Neurophysiol.* 86: 649-666, 1973.
- 7) Mahoney, J.L., Harlan, W.L. and Bickford, R.G.: Visual and other factors influencing caloric nystagmus in normal subjects. *Arch. Otolaryng.* 66:46-53, 1957.
- 8) McCabe, B.F.: Vestibular suppression in figure skaters. *Acad. Ophthalm. Otolaryng.* 64: 264-268, 1960.
- 9) 皆川 勇: 視機能の温度性眼振におよぼす影響. *目耳鼻*62: 690-703, 1959.
- 10) Ohm, J.: Über den Einfluss des Sehes auf den Vestibulären Drehnystagmus und Nachnystagmus. *Z. Hals Nasen Ohrenheilk.* 16: 521-540, 1926.
- 11) Takemori, S. and Cohen, B.: Visual suppression of vestibular nystagmus in rhesus monkeys. *Brain Res.* 72: 203-212, 1974.
- 12) Takemori, S. and Cohen, B.: Loss of visual suppression of vestibular nystagmus after flocculus lesions. *Brain Res.* 72: 213-224, 1974.