温度眼振検査について†

上 村 卓 也*

迷路の温度眼振検査は平衡機能検査の中で常用されているものの1つであるが、その検査方法および結果の判定に関してなおいくつかの問題点をもっている。これらの結果の判定については、検査によってえられる病的所見が半規管（不全）麻痺 canal paresis, CP と眼振方向優位性 directional preponderance, DP とであることから、CP, DP それぞれの診断上の問題点を先ず取り上げた。次に、眼振反応に影響する因子として検査に当たってとくに考慮しなければならない、観察ないしは記録の条件ならびに温度刺激の強さについて述べてみた。

I. CP の判定

現在、温度眼振検査をもっとも正確に行うには冷温交互刺激という方法をとる必要があると考えられている。この冷温交互刺激検査は1942年 Hallpike ら¹⁾²⁾⁴⁾によって発表されたのが原法というべきもので、その実際を図示すると図1のようである。

検査方法の特徴として次の3つの点があげられる。先ず第1は、体温より $\pm 7^{\circ}\text{C}$ に当たる 30°C と 44°C の冷温2つの刺激によって検査することである。冷と温の2種類の刺激を用いる理由は検査結果の判定に関係するので後述するとして、 $\pm 7^{\circ}\text{C}$ の刺激をえらんだ理由は観察しやすい大きさの眼振を出すことと悪心などの副作用をなるべく少なくすることの、2つの相反する条件をみたすためと説明されている。第2は40秒間注水を行うことで、このように大量注水を行うことによって目的の温度刺激が正確に加えられるようにした。しかし、注水時間のみを決めているのでその際の注水量は被験者によってまちまちとなり、日本人の場合 250~400 ml となる（上村・他、1959⁹⁾）。第3は、被験者に検査室の天井をまっすぐに見させながら、検者は現われる眼振を直接観察して眼振の持続時間（眼振の開始からではなく注水始めからの時間、従って正確には停止時間）を測ることである。この観察条件を用いるのは、眼振の終わりが判りやすいためとしている。

ここで第1の特徴である冷温2つの刺激を用いて検査する理由に戻ると、それは検査結果を正常, CP, DP さ

30°C
 44°C > 40秒間注水
(水量250~400 ml)

図1 冷温交互刺激検査の実際

らには CP+DP の混合型に分けることを可能にするためと説明されている（図2）。

即ち、判定に当たっては、個々の眼振反応の大きさではなく、左右迷路の反応における差 $[30^{\circ}\text{L}$ および R , 44° についても同様に略記すると $(30^{\circ}\text{L}+44^{\circ}\text{L})-(30^{\circ}\text{R}+44^{\circ}\text{R})$ と左右に向かう眼振反応における差 $[(30^{\circ}\text{L}+44^{\circ}\text{R})-(30^{\circ}\text{R}+44^{\circ}\text{L})]$ を求める。そして前者の値が病的であった場合を反応の弱い側の CP、後者のそれが病的であった場合を反応の強い方向へ向かう DP と判定する（直接観

†On the Caloric Test

*Takuya Uemura, M.D.

*東京女子医科大学耳鼻咽喉科教室

a. 正 常

b. 右半規管麻痺 (C P)

$$(30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{L}) - (30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{R}) > 40\text{秒}$$

$$(30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{R}) - (30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{L}) < 40\text{秒}$$

c. 右への方向優位性 (D P)

$$(30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{L}) - (30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{R}) < 40\text{秒}$$

$$(30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{R}) - (30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{L}) > 40\text{秒}$$

d. 混合型 — 右 C P + 左 D P

$$(30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{L}) - (30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{R}) > 40\text{秒}$$

$$(30^{\circ}\text{R} + 44^{\circ}\text{L}) - (30^{\circ}\text{L} + 44^{\circ}\text{R}) > 40\text{秒}$$

図 2 冷温交互刺激検査の判定法——直接観察による眼振持続時間を用いた場合

察法による眼振持続時間を判定に用いた場合にはいずれも40秒以上—上村・他, 1968¹⁰⁾。暗所開眼で ENG 記録した場合は最大緩徐相速度によって判定するのがよく, いずれも 25°/秒以上*—徳永, 1967⁸⁾。このような判定法を行う理由は, 30° 刺激の反応に L>R の著しい差があっても図 2b と c との両方の可能性があり, 44° の検査を行わないとそれが CP によるものか DP によるものかを区別できないためである。従って, 冷刺激の検査をすると CP の有無が判り, 温刺激の検査をさらにすると DP の有無まで判ることではなくて, 冷温両刺激の検査をする迄 CP と DP のどちらも判定できないということが大切な点である。さらに, 図 2d のように

右 CP と左への DP とが混在する症例では 30° の反応には殆んど左右差がなくなり, 44° の反応に著しい差がでてくる結果, 44° の検査を行わないと所見なしと判定される恐れもでてくる。

以上が, もっとも信頼されている温度眼振検査といえる冷温交互刺激検査における結果の判定法である。しかし, CP の判定法については直ちに疑問がおこってくる。それは病的な左右迷路の反応差を, 反応の弱い側の CP と何故判定してよいかということである。迷路の温度刺激に対する反応は正常か減弱かのどちらかであるとはいえない。反応減弱の反対の, 反応亢進という現象がおこることが例えば小脳障害例において知られている(図 3)。これと同様な反応亢進が一側性におこれば左右迷路の反応差を生じることになる。

従って, 左右迷路の病的反応差を反応の弱い側の CP (半規管が麻痺即ち機能低下している意味をもつ**)と判定するためには, 「反応が弱い」というもう 1 つの条件

*これより, 30° または 44° 刺激における左右の反応差が $25 \times \frac{1}{2} = 15^{\circ}/\text{秒}$ 以上あれば病的とみなすことができる。

**半規管のみでなく前庭神経の障害によってもおこる。しかし前庭神経核以上の障害ではおこりにくい(Uemura & Cohen, 1973¹¹⁾)

左 耳

右 耳

図3 温度眼振反応の両側性亢進
左, 右耳ともに眼振緩徐相最大速度は $100^{\circ}/\text{秒}$ をこえている。

が必要となる。また, 両側性に半規管機能が低下している症例は, 左右耳の反応を比較する, この判定法には引っかかってこないことが考えられる。

いいかえると, 冷温交互刺激検査では一側性 CP の診断を, 反応の弱い側が機能低下をおこしたのであろうという推定のもとに行っていることになるし, 両側性 CP は見逃される恐れがあることになる。

これでは, 温度眼振検査には「一側迷路の機能が検査できる」という利点があるとはいえなくなってしまいます。

ここでいう, 「反応が異常に弱い」という条件を 30° および 40°C 40秒間刺激による正常反応値から求めると, 直接観察法では70秒以下の持続時間になる(上村・他, 1959¹⁾)。また ENG によって暗所開眼下に記録した場合には $10^{\circ}/\text{秒}$ 以下の最大緩徐相速度ということになる(Henriksson, 1956⁵⁾ のデータより求めた)。

以上のことより, 一側性半規管麻痺を診断するためには, 先ず左右迷路の温度眼振反応に病的な差があるかどうかを調べる。これには冷刺激か温刺激かの一種類の検査では眼振方向優位性との区別がつかないので, 冷温両刺激の検査を行って DP を除外しなければならない。次に, 反応が異常に弱いという条件が満たされているかどうかをみて, 満たされている場合にはその側の CP と診断する。そうでない場合は聴力検査などの結果より患側半規管を推定して, CP の疑いとするのが正確な診断法ということになる。また, 反応が異常に弱いという条

件を左右の反応が満足すれば両側性 CP の判定も可能となる。

II. DP の判定

この判定は, 左と右に向かう眼振反応に正常者にみられない病的な差がある場合を, 反応の強い方向へ向かう DP と呼ぶという取り決めによっているので, CP の判定のような言い過ぎたための問題はおこらない。しかし, その代りに DP とは何かという診断的意義が問題となる。

図4に示す温度眼振反応が冷温交互刺激検査によってえられた場合には, 4つの温度刺激における最大緩徐相速度を ENG から求め, 下段に示す計算を行う。その結果, 判定は「右に向かう DP, しかし CP はない」ということになる。この例の, 温度眼振記録と同じ条件の暗所開眼においては $14^{\circ}/\text{秒}$ の緩徐相速度の, 右に向かう自発眼振が記録されている。

そこで, 30° 刺激の反応について, 自発眼振と重なる方向の眼振が出た 30° 左からは自発眼振の強さを引き, 自発眼振に逆らった方向の眼振が出た 30° 右にはそれを足す。このようにして温度眼振反応から自発眼振による影響を除き, 真の温度眼振反応を求めると $49^{\circ}/\text{秒}$ と $48^{\circ}/\text{秒}$ になって両耳の反応には差がない。 44°C 刺激についても同じことがいえる。

即ち, この例の右へ向かう DP という検査結果は, 右へ向かう自発眼振があるために生じた現象であることが

図4 自発眼振→眼振方向優位性

判る。

以上のことより、自発眼振があれば温度眼振検査はDPとなるといえるが、その逆の、温度眼振検査でDPがあれば自発眼振が記録されるかどうかは次に問題となる。

冷温交互刺激検査でDP、またはCP+DP（混合型）を示した90例の患者における、暗所開眼および閉眼下の自発、誘発眼振検査では58例（64%）に、方向の一致した自発眼振が記録された（徳永、1967⁹⁾）。従ってDPの大半はENGによる自発および誘発眼振検査において自発眼振として記録される、ということができる。

このように考えてくると、DPとはHallpikeらが1942年に書いているように眼振準備状態（Nystagmus-bereitschaft）であり、DPと自発眼振とはその強弱の程度の差にすぎないということができる。そして、その微弱な自発眼振をENGが未だなく、せいぜいフレンツェル眼鏡下の観察しか行えなかった時代には温度眼振検査のDPという形で検出することに意味があった。しかし、閉眼および暗所開眼という、迷路性眼振の発見に極めて好都合な状態での検査がENGで行うことができるようになった現在では、DPの診断的意義も当然変わってこなければならない。

いいかえると、DPの有無はENG記録下の自発および誘発眼振検査によって大部分が判るので、温度眼振検査の目的は一側性迷路機能低下および機能亢進の診断にしばらくすることができる。

即ち、表1のように検査していけば、温度眼振検査は

表1 一側性半規管麻痺の診断

1. ENGによる自発、誘発眼振検査
自発眼振=DPの検出
2. 冷または温刺激による温度眼振検査
DPを除外した、明らかな左右差（15°/秒以上*）
 - a. 反応の弱い側が10°/秒以下*であればCP
 - b. 反応の弱い側が患側と推定できればCPの疑い
 - c. その他の場合は病的左右差

*暗所開眼下の最大緩徐相速度

冷温の2種類ではなく、冷か温かの一種類の刺激によって可能ということもできる。

しかし繰返しになるが、冷刺激または温刺激の検査だけでCPの診断ができるといっているのではない。この場合には表1の2.にあるように1.の結果からDPを除外した上で判定されなければならない。

このことを説明するために、本当はCPであるのにDPを除外しないと正常と誤って判定される例を図5に示した。冷刺激である20°C少量注水法（上村・他、1968¹⁰⁾）によって検査すると、この例では左右耳の反応は最大緩徐相速度がいずれも22°/秒となって差がない。しかし、同じ検査条件の暗所開眼では左へ向かう12°/秒の自発眼振が記録される。この自発眼振の影響即ちDPを除外するために、自発眼振と重なる右耳の反応22°/秒からは自発眼振の強さ12°/秒を引き、自発眼振に逆らっ

図5 冷刺激のみによる温度眼振検査における CP の判定

た左耳の反応 22° /秒には自発眼振の強さを加える。すると、真の温度眼振反応は右耳 10° /秒、左耳 34° /秒となつて、左右差は 24° /秒 ($>15^{\circ}$ /秒)、かつ反応の弱い右耳が 10° /秒であることから右側の CP と診断される。

III. 検査条件について

検査を行う場合の観察条件については、先述したように Hallpike は患者の眼球を直接観察する方法をすすめている。しかし検査室の明るさによって眼振反応は著しく影響されるので、一定の照明下に眼振の観察ができるフレンツェル眼鏡を使用した方が、異なった場所や施設で行った結果との比較がしやすくなる。

温度眼振の ENG 記録は閉眼か暗所開眼で行われている。しかし閉眼という条件には覚醒度の維持や眼球の上転などの問題があるので、暗所開眼の方が適している。この場合、検査室全体を暗室にする必要はなく、例えばフレンツェル眼鏡のレンズの部分に黒い紙を貼って遮光すれば暗所開眼という一定の状態を簡単にすることができる。この場合においても、暗算負荷という覚醒度を維持するための操作は、必須で、我々は患者に 100 から逆に声を出して数えさせ、これを繰り返すという方法を行っている。

次に指摘したいのは温度刺激の強さと反応の大きさとの関係についてである。体温より $\pm 7^{\circ}\text{C}$ という同じ刺激温度を用いても、注水量ないしは注水時間が異なると、生じる眼振反応の大きさは変わってくる。この点に関する検討は正常被験者について行われてきたが、中島 (1967⁷⁾) は病的症例 58 例について 40 秒間注水と 20 ml 注水との比較を行い、異なった検査結果がえられることを報告している。

図 6 a, b はその中の 1 例における ENG 記録を著者より拝借したものである。a. に示すように、同じ 30°C 刺激であっても左耳の 20 ml 注水における最大緩徐相速度は 8.8° /秒にあるのに対し、40 秒間注水では 25.0° /秒と大である。さらに右耳については 20 ml 注水では無反応であるのに 40 秒間注水では 16.3° /秒の反応が得られている。b. の 44°C 刺激についても 20 ml 注水と 40 秒間注水とではその眼振反応に著しい違いがみられた。

これらのことは、 30° ないしは 44°C 刺激において 20 ml のような少量注水法を用いることには問題が多く、少量注水法を用いる場合には、より強い温度刺激を加える必要があることを示している。

図 7 は少量注水法における刺激温度と眼振反応 (最大緩徐相速度の平均値と標準偏差) との関係を正常者について調べたものである (鯉淵, 1978⁸⁾)。その 25°C 刺激による反応は図中の白丸で示す 30°C 40 秒間刺激のそれ (Henriksson による) にほぼ等しく、我々が常用している 20°C 少量注水法であればそれよりもむしろ強い反応がえられることが判る。

なお、Dix and Hallpike (1952³⁾) は 30°C 40 秒間注水によって眼振反応が現われなかった場合には 20°C 1 分間注水を行い、反応がみられた場合を高度 CP、反応がみられなかった場合を完全 CP に分けている。これと同様に、我々は 20°C 少量注水法によって眼振反応が著しく弱いか現われなかった場合には、 10°C または氷水を用いた再検査を必ず行うことにしている。これは CP の程度の判定だけでなく、検査結果を確認するという目的からも大切なことである。さらに、それが中枢障害を疑わせる症例であった場合にはフレンツェル眼鏡下に

図6 20ml 注水と40秒間注水との比較

両眼を観察しながらの再検査を行う必要があり，暗所開眼下の ENG 記録によっては見落される眼振急速相の欠如，倒錯性反応，両眼の分離性反応の有無に注意しなければならない。

まとめ

温度眼振検査における，いくつかの問題点のうち，その主目的である半規管麻痺（CP）の診断に関する次の諸点について検討を加えた。

1. 冷温交互刺激検査によって CP の診断ができる，とは必ずしもいえない。CP の診断のためには，「反応が異常に弱い」という，もう1つの条件を加える必要がある。

2. 眼振方向優位性（DP）は ENG による自発および誘発眼振検査における自発眼振としてその大半が検出される。そこで，この検査と冷刺激による温度眼振検査とを行えば，CP の診断が可能となる。

図7 少量注水法における刺激の強さと反応の大きさとの関係
(白丸は 30°C 40秒刺激の反応を示す)

3. 温度眼振反応の観察にはフレンツェル眼鏡の使用、記録には暗所開眼が適している。さらに、十分な強さの温度刺激を用いることが正常反応を CP と誤って判断しないために必要である。

(本論文の要旨は昭和55年11月、第39回日本平衡神経科学会教育講演において述べた。)

引用文献

- 1) Cawthorne, T.E., Fitzgerald, G. and Hallpike, C.S.: Studies in human vestibular function: II. observations on the directional preponderance of caloric nystagmus ("Nystagmusbereitschaft") resulting from unilateral labyrinthectomy. Brain 65: 138-160, 1942.
- 2) Cawthorne, T.E., Fitzgerald, G. and Hallpike, C.S.: Studies in human vestibular function: III. Observations on the clinical features of "Ménière's disease" with special reference to the results of the caloric tests. Brain 65: 161-180, 1942.
- 3) Dix, M.R. and Hallpike, C.S.: The pathology, symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system. Ann Otol Rhinol Laryngol 61: 987-1016, 1952.
- 4) Fitzgerald, G. and Hallpike, C.S.: Studies in human vestibular function: 1. Observations on the directional preponderance ("Nystagmusbereitschaft") of caloric nystagmus resulting from cerebral lesions. Brain 65: 115-137, 1942.

- 5) Henriksson, N.G.: Speed of slow component and duration in caloric nystagmus. Acta Otolaryngol Suppl 125: 1-29, 1956.
- 6) 鯉淵多恵子: 迷路温度刺激検査における刺激の強さと反応の大きさに関する研究. 耳鼻, 24: 605-615, 1978.
- 7) 中島雅子: 温度性眼振検査に関する再検討. 耳鼻, 13: 296-332, 1967.
- 8) 徳永恵美子: 電気的眼振記録法 (ENG) の臨床的応用に関する研究. 日耳鼻, 70: 455-474, 1967.
- 9) 上村卓也, 田原睦郎, 調重昭, 伊波恒雄: カロリグラムとその正常値. 耳鼻, 5: 194-200, 1959.
- 10) 上村卓也, 鈴木淳一, 朴沢二郎: 神経耳科学検査法, とくに平衡機能検査について. 医学書院, 1968.
- 11) Uemura, T. and Cohen, B.: Effects of vestibular nuclei lesions on vestibulo-ocular reflexes and posture in monkeys. Acta Otolaryngol Suppl 315: 1-71, 1973.
- 12) Uemura, T., Suzuki, J., Hozawa, J., and Highstein, S.M.: Neuro-otological Examination with Special Reference to Equilibrium Function Tests. Igaku Shoin, 1977.

Abstract

Among several sources of error on the caloric test, the following which may have relevance to the diagnosis of canal paresis were discussed. First, with the alternate cold and hot caloric test one cannot detect canal paresis of one labyrinth unless the response obtained on that side is abnormally weak. Second, the majority of cases showing directional preponderance on the alternate cold and hot caloric test revealed spontaneous nystagmus in the spontaneous- and the evoked-nystagmus tests using electronystagmography. Thus the combination of these tests and the caloric test using the cold water irrigation alone may afford the diagnosis of canal paresis, because the influence of directional preponderance can be eliminated. Third, the use of Frenzel glasses and the eye opening in darkness are recommended as the conditions for observing and recording caloric nystagmus respectively. Furthermore, application of considerably intense caloric stimulation is recommended to avoid false positive interpretation of canal paresis.