

資料

平衡機能検査の基準化のための資料

Ⅲ 迷路刺激検査 1 温度刺激検査 2016年改定

診断基準化委員会

担当理事：池園哲郎，伊藤彰紀，武田憲昭

委員長：武田憲昭

副委員長：中村 正

委員：浅井正嗣，池田卓生，今井貴夫，
重野浩一郎，高橋幸治，武井泰彦，
山本昌彦，渡辺行雄

平衡機能検査基準化のための資料改訂にあたって

平衡機能検査法基準化のための資料は、1987年に平衡機能検査基準化委員会により策定され (Equilibrium Res 47: 221-244, 1988)，1990年 (Equilibrium Res 49: 168-169, 1990) と2006年 (Equilibrium Res 65: 468-503, 2006) に改訂され、現在に至っている。2015年にⅢ迷路刺激検査の5音刺激検査を改訂し、今回はⅢ迷路刺激検査の1温度刺激検査を改訂した。本資料は、平衡機能検査の概要、原理、装置、手技と注意事項、判定基準、評価、基本検査・精密検査などの検査種類、関連する文献が統一的に記載されており、各施設における検査の実施基準や結果判定などの基礎資料として活用していただきたい。

なお、本改訂の一部は、日本医療研究開発機構 (AMED) の難治性めまい疾患の診療の質を高める研究により行われた。

Ⅲ 迷路刺激検査

1 温度刺激検査

(原理)

外耳道へ注入した温水または冷水の温度と体温との差により外側半規管に内リンパ流動を起し、外側半規管刺激により誘発される眼振を指標として外側半規管の機能を左右別々に調べる。温度刺激により生じる内リンパ流動により、刺激側の外側半規管のみに低周波数の回転刺激を与えたのと同じ効果を生じさせることができる。

(用語) 温度刺激検査、カロリックテスト、caloric test、温度眼振検査、温度刺激眼振検査、温度眼振、温度眼振反応、CP (canal paresis、半規管麻痺)

(評価)

温度刺激検査は、Robert Baranyが1914年にノーベル医学生理学賞を受賞した業績の1つであり¹⁾、現在に至るまで末梢性前庭機能を調べる gold standard の検査法である。外側半規管と上前庭神経の機能を反映する検査であるが、臨床的には温度刺激検査でCPを認めた場合、末梢性前庭機能障害と診断する。また、CPを認める耳が患側と推定する。すなわち、左右耳別の病巣局在診断として重要な平衡機能検査である。

(装置および手技)

被験者を仰臥位とし、枕をあてて頭を30度前屈し、外側半規管が鉛直となる頭位にする。注射器により規定の温度の水を規定の時間で正確に外耳道に注水する。暗所開眼、遮眼または閉眼の視覚を遮断した状態でENG (電気眼振計) や赤外線カメラ (CCD/C-MOS) を用いて温度眼振を記録し、その最大緩徐相速度を指標にする。フレンツェル眼鏡による観察の場合は、眼振の開始から終了までの時間をストップウォッチで計測し、眼振持続時間を指標にする。

(注意事項)

検査前の鎮静薬、向精神薬、抗てんかん薬、鎮静薬などの服用は極力避ける。左右耳の注水間隔は少なくとも5分以上あける。自発眼振を認める場合は、自発眼振が消失した時点で再検査を行うことが望ましい。外耳、中耳の形態に影響を受けることに注意する。特に外耳道後壁削除・乳突開放型鼓室形成術後の場合は、正常と比較して外側半規管が強く刺激される。温度刺激に用いる器具による外耳道や鼓膜の損傷を避ける。意識レベル

が低下すると温度眼振が解発されにくくなるので、検査中は患者に暗算負荷を行う。

(温度刺激検査における無反応の判定)

温度眼振が解発されない場合は、さらに氷水(5℃以下) 20~50 mlを20~30秒で外耳道に注入する。それでも温度眼振が解発されない場合、温度刺激検査で無反応と判定する²⁾。温度刺激検査での無反応は、外側半規管の機能の高度低下を意味する。温度刺激は低周波数の回転刺激と同じ反応を外側半規管に引き起こすが、高周波数の回転検査によっても眼振が誘発されない場合は外側半規管機能の廃絶を意味する。すなわち、氷水による温度刺激検査に加えて、高周波数の回転検査でも眼振が解発されない場合は、臨床的に末梢性前庭機能廃絶と判定する。塩酸リドカインの中耳腔への注入による内耳麻酔によって眼振が誘発されない場合も末梢性前庭機能廃絶と判定する。

(1) 冷温交互刺激検査

冷温交互刺激検査は温度刺激検査の国際標準法である。しかし、左右の耳に2回ずつ、計4回の注水刺激を行なうため、患者の負担が大きいことが欠点である。

(方法)

体温プラス7℃(44℃)の温水および体温マイナス7℃(30℃)の冷水を交互に左右の外耳道に注入し、4回の反応からCP%を求め、CPを判定する。パラメーターには温度眼振の最大緩徐相速度あるいは眼振持続時間を用いる。Jongkeesの式からCP%を算出し、CP%が20%以上をCPと判定する³⁾。

自発眼振がある場合でも、ENGを用いて温度眼振の最大緩徐相速度を指標とすれば、自発眼振がキャンセルされ、CP%を求めることができる。フレンツェル眼鏡で眼振持続時間を測定する場合、温度眼振終了後に反対方向に向かう第2相眼振を認める場合があるが、注水開始より第1相眼振終了までを眼振持続時間とする。

(手技)

1) 50 ml, 20秒間注水法

50 mlの注射器の先に軟性チューブを付け、50 mlの温水または冷水を20秒間で注水する。比較的再現性がよいとされている³⁴⁾。

2) 20 ml, 10秒間注水法

20 mlを10秒間で注水する方法も行われている⁵⁾。

(判定基準)

Jongkeesの式：

$$CP(\%) = \frac{|(RC + RW) - (LC + LW)|}{RC + RW + LC + LW} \times 100$$

(RC = 右耳冷刺激, RW = 右耳温刺激, LC = 左耳冷刺激, LW = 左耳温刺激時のそれぞれの眼振の最大緩徐相速度または持続時間)

CP%が20%以上をCPと判定する。

(評価)

CPを認めた場合に末梢性前庭機能障害と診断し、CPを認める耳が患側と推定する。

(種類) 末梢性前庭機能の国際標準検査法

(2) 少量注水法 (20℃, 5 ml, 20秒法)

少量注水法は、日本では最もよく用いられている⁶⁾。左右の耳を1回ずつ刺激するため、左右の耳を2回ずつ刺激する冷温交互法と比較し患者の負担が少ない。しかし、温度眼振の最大緩徐相速度の絶対値または持続時間でCPを判定する半定量的検査であることに注意する必要がある。また、日本で発達した検査法であり、海外からの報告は少ない。

自発眼振を認める場合には、下記の自発眼振を認める場合の最大緩徐相速度の推定の計算式により温度眼振の最大緩徐相速度を推定して判定するが、正確な評価は困難である。自発眼振が消失してから再検査することが望ましい。

(方法)

20℃の冷水を左右の外耳道に注入し、ENGを用いて温度眼振の最大緩徐相速度を指標として左右別にCPを判定する⁷⁸⁾。

(手技)

注水には、先端に軟性チューブをつけた18 G鈍針を装着した5 mlの注射器を用いる。まず被験者を仰臥位とし、枕をあてて頭を30度前屈し、外側半規管が鉛直となる頭位にする。次に被験者の頭を枕の上で回旋させて注水側の耳を上にし、ヘッドランプで鼓膜と外耳道を見ながら、外耳道後壁に向けて20℃の冷水5 mlを10秒間で注水する。注水後さらに10秒間、同じ頭位を保ち、注水開始20秒後にもとの頭位(外側半規管が鉛直となる頭位)に戻す。眼振をENGで記録し、解発された温度眼振の最大緩徐相速度を求める。

(判定基準)

20℃の冷水により解発された温度眼振の最大緩徐相速度により左右耳別にCPを判定する⁹⁾¹⁰⁾。

正常：最大緩徐相速度が20°/sec以上

CP疑い：最大緩徐相速度が10°/sec以上、20°/sec未満

中等度CP：最大緩徐相速度が10°/sec未満

高度 CP：無反応
(注意事項)

少量注水法で判定する CP は、冷温交互刺激検査で判定する CP とは異なる。また、少量注水法により以下の計算式で CP% を求め、冷温交互刺激検査の CP% の判定基準を用いて CP を判定する報告がある。

$$CP(\%) = \frac{|R-L|}{R+L} \times 100$$

(R, L はそれぞれ右, 左耳刺激時の眼振の最大緩徐相速度または持続時間)

しかし、冷温交互刺激検査の CP% とは異なるため、少量注水法の CP% による CP の判定基準は確立されていないことに注意する必要がある。

(種類) 末梢性前庭機能の半定量的検査法で、日本国内においてはこの方法が標準化され普及している。

自発眼振を認める場合の最大緩徐相速度の推定

自発眼振と温度眼振を ENG で記録し、自発眼振の緩徐相速度の平均値を A°/sec、右及び左の冷水刺激時の温度眼振の最大緩徐相速度の平均値を B, C°/sec とした場合、自発眼振が右向きするとき

右耳の最大緩徐相速度は (B+A)°/sec

左耳の最大緩徐相速度は (C-A)°/sec

自発眼振が左向きするとき

右耳の最大緩徐相速度は (B-A)°/sec

左耳の最大緩徐相速度は (C+A)°/sec

と推定する。

なお、自発眼振は変化しやすいため、正確な評価は困難である。自発眼振が消失した時点で再検査を行うことが望ましい。

(3) エアーカロリック検査

(原理)

温度刺激検査を外耳道への温水または冷水の注水ではなく、温風または冷風の送風により行う。注水は医師が行う必要があるが、送風は臨床検査技師が行うことができる。

(用語) エアーカロリック検査, air caloric test
(方法および手技)

温風または冷風の送風が行えるエアーカロリック刺激装置を用いる。被験者の頭位、温度眼振の記録などは温度刺激検査と同様である。エアーカロリック検査基準化案に基づいて実施する¹¹⁾。

(1) 冷温交互検査

26℃以下の冷風または46℃以上の温風を流量6～8リットル/60秒で60秒間、外耳道に送風す

る。CPの判定基準は温度刺激検査の冷温交互法と同じである。

(2) 冷風刺激法

冷風15℃以下で流量6～8リットル/60秒で60秒間、外耳道に送風する。CPの判定基準は少量注水法と同じである。

(注意事項)

送風温度が安全な温度内であることに注意する。冷風の場合には、プローブに水滴付着が起り、外耳道に付着する場合がある。温風の場合には、50℃以上では熱傷をおこす可能性がある(50℃以下の場合でも配慮が必要)ため、温度設定と被験者の訴えに注意する。

送風圧はプローブの太さに反比例するので、プローブが細い場合には、鼓膜に直接、送風が当たらないように十分に注意する。一方、プローブが太い場合には、外耳道を閉塞すると外耳道圧が上昇するので、鼓膜や外耳道を損傷しないように十分に注意する。

外耳道に耳漏などの水分が付着している場合、温風刺激であっても水分の気化熱で冷風刺激になり、予想と逆向きの眼振が解発されることがあるので注意する。

(4) Visual suppression 検査

(原理)

視覚系と前庭系は小脳を介して互いに干渉するため、Visual suppression (VS) 検査は視覚系による前庭系の抑制を調べ、中枢性前庭機能を評価する検査法である。温度刺激検査において暗所開眼または遮眼下で ENG を用いて温度眼振を記録し、温度眼振が最大反応に達した時点で明所開眼とし、指標を固視させる。固視による眼振の緩徐相速度の抑制率により、視覚系による前庭系の抑制の程度を評価する¹²⁾。

(方法)

温度刺激検査で温度眼振を解発し、暗所開眼または遮眼下で ENG により眼振を記録する。眼振の緩徐相速度が最大に達する注水または送風開始約1分後の10秒間を明所開眼とし、眼前約50cmの指標(検者の指先など)を固視させる。その後、再び暗所開眼または遮眼とする。固視の直前10秒間の温度眼振の緩徐相速度の平均値を a、明所開眼で固視中10秒間の温度眼振の緩徐相速度の平均値を b として、温度眼振の視覚による抑制率(VS%)を以下の計算式で求める¹³⁾。

$$\text{Visual suppression (VS) \%} = (a - b) / a \times 100$$

(判定基準)

VS%の正常値：66±11%

VSの減少：VS%が40～10%。一側の小脳片葉の障害では、患側に向かう温度眼振に対するVSは減少し、健側に向かう温度眼振に対しては正常反応。両側障害では、VSは両側ともに減少～消失する。小脳小節の障害では、VSは両側ともに減少する¹⁴⁾。すなわち小脳の片葉または小節の部分障害の鑑別診断が可能である。

VSの消失：10%以下。小脳が広範囲に障害された場合、橋障害の初期または回復期、大脳障害では下頭頂葉障害の初期、回復期にみられる⁸⁾¹⁵⁾。

明所固視時の温度眼振の増強：温度眼振は暗所開眼で解発が不十分であるが、明所固視時によく解発される場合。橋の障害、下頭頂葉の障害時にみられる¹⁶⁾。すなわち、小脳または脳幹障害の鑑別診断が可能。

VSの増強：一側性末梢性前庭機能障害の前庭代償期¹⁷⁾やスポーツ選手などでVSが正常範囲を越えて抑制される場合があるが異常ではない。

臨床的には、Visual suppression検査でVSの減少、VSの消失、明所固視時の温度眼振の増強を認めた場合、中枢性前庭機能障害と診断する。

(注意事項)

VSが正常であるからといって小脳障害は否定されない。しかし小脳の片葉障害、小節障害が否定される¹⁸⁾。

(種類) 中枢性前庭機能の検査法

(5) 回転性 Visual suppression 検査

(原理)

従来から行われている Visual suppression 検査¹²⁾では、前庭性眼振を誘発する方法として温度刺激が用いられていた。これに対し、回転刺激を用いて誘発される回転後眼振に対する回転性 Visual suppression 検査が考案された¹⁹⁾。回転性 VS 検査は、温度刺激を用いた VS 検査と同様に、視覚系による前庭系の抑制を調べて中枢前庭機能を評価する検査法である。

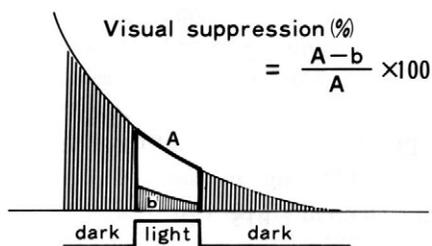
(方法)

被験者は前方 50 cm の位置に注視点をもった固視視標を頭にかぶり回転椅子に座る。部屋は完全暗室とし、回転椅子は毎秒 0.3° の角加速度で回転速度を上昇させ、毎秒 90° に達したところで等速とし、1 分間それを維持する。その後突然回転を停止し回転後眼振を誘発させる。回転停止 5 秒後に点灯し、被験者に固視視標を 5 秒間注視させ、消灯し再び完全暗室を保つ。眼振記録には ENG を使用し、眼振原波形には時定数 3 秒、眼

振速度波形には時定数 0.03 秒を用いる。固視による抑制効果を測定するため、Takemori¹²⁾の方法に習い、眼振緩徐相速度の微分波形を ENG クリッパーを用いて記録する。まず、固視をしなかった場合に回転後眼振緩徐相速度微分波形の減衰曲線をフレキシブルカーブローラーを用いて描き、その推定される 5 秒間の面積を A とする。次に、固視を行っている回転後眼振緩徐相速度微分波形の減衰曲線を同様に描き、その推定される 5 秒間の面積を b とする。そして、固視を行っている 5 秒間におけるこれらの面積比を求めて、回転後眼振の視覚による抑制率 (VS%) を以下の計算式で求める。なお、各領域の面積はリニアプラニメーターを用いて算出する¹⁹⁾。

$$\text{回転性 Visual suppression (VS) \%} = \frac{(A - b)}{A} \times 100$$

回転性 VS% の算出方法 (文献 19 より引用、改変)



(判定基準)

正常者 65 名の回転性 VS% の値は 51～84% であり、平均は 69±11% (mean±SD) であった。回転性 VS% が 40% 以下の場合に、VS% の減少と診断する。回転性 VS 検査の臨床的意義は、温度刺激による VS 検査と同じである。ただし、回転性 VS 検査では増強反応は認められない。これは、回転後眼振が比較的速やかに消失する減衰反応であるために、視覚刺激による回転後眼振の増強反応が出現しにくいものと推察されている¹⁹⁾。

(温度刺激検査文献)

- 1) Barany R: Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres, seinen reflektorisch ausgelosten rhythmischen Nystagmus and seine Begleiterschneinungen. Monatschr Ohrenh 40: 193-297, 1906
- 2) 二木 隆：温度眼振検査における刺激法及び観察条件の差の検討. 耳鼻臨床補 2: 84-94, 1986
- 3) Jongkees LBW, Maas JPM, Philipszoon AJ:

- Clinical nystagmography. A detailed study of electro-nystagmography in 341 patients with vertigo. *Pract Otorhinolaryngol* 24: 65-93, 1962
- 4) 猪 初男, 栢山史光, 長場雅男: 温度刺激検査の標準化における試案. 日本平衡神経科学会第26回総会. 平衡機能検査の標準化における試案. 1970
 - 5) 猪 初男: Caloric testの基礎と検査の実際. 日耳鼻61回総会シンポジウム別刷. 1960
 - 6) 飯田政弘, 池園哲郎, 伊藤彰紀, 他: 温度刺激検査(カロリックテスト)に関するアンケート調査結果. *Equilibrium Res* 74: 126-133, 2015
 - 7) 上村卓也: 温度刺激検査. 神経耳科学検査法. 85-89頁, 医学書院, 東京, 1968
 - 8) 上村卓也: 温度刺激検査について. *Equilibrium Res* 40: 1-7, 1981
 - 9) 高橋正紘: 前庭機能検査—温度眼振検査, 回転検査. めまい—臨床の基本. 82-105頁, 現代医療社, 東京, 1983
 - 10) 上村卓也, 西平 修, 野口兼一郎, 他: 少量注水法による温度眼振検査の診断的意義. 耳鼻臨床 補 2: 148-155, 1986
 - 11) 喜多村 健, 肥塚 泉, 竹森節子, 他: エア—カロリック検査基準化案について. *Equilibrium Res* 61: 112-118, 2002
 - 12) Takemori S, Cohen B: Visual suppression of vestibular nystagmus in rhesus monkeys. *Brain Res* 72: 203-212, 1974
 - 13) 竹森節子: 固視機能検査としての visual suppression test—検査法に関する検討—. *Equilibrium Res* 69: 1049-1056, 1976
 - 14) Takemori S, Cohen B: Loss of visual suppression of vestibular nystagmus after flocculus lesions. *Brain Res* 72: 213-224, 1974
 - 15) Takemori S: Visual suppression test. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 86: 80-85, 1977
 - 16) 竹森節子: 小脳・脳幹障害の鑑別について. *Equilibrium Res* 37: 88-92, 1978
 - 17) 竹森節子: 自発眼振と温度眼振—急性前庭障害を中心に—. *Equilibrium Res* 45: 205-211, 1986
 - 18) Takemori S: Visual suppression test. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 3: 145-153, 1978
 - 19) Teramoto K: A visual suppression test using post-rotatory nystagmus. *Auris Nasus Larynx* 19: 83-94, 1992
 - 20) 斎藤武志, 大和田隆矢, 田 賢三, 他: 意識障害患者における前庭眼反射の診断学的意義についての検討. *脳神経外科* 5: 725-731, 1977
 - 21) 高橋 邦, 坂田英治, 遠藤京子, 他: 温度刺激反応を視標とした意識障害へのアプローチ. *脳と神経* 27: 833-839, 1975

付1 脳幹障害あるいは意識レベルが低下した場合の急速眼球運動の障害

急速眼球運動 (saccade) の神経機構と, 前庭性眼振および視運動性眼振の急速相の神経機構は脳幹で共通である。したがって脳幹に障害が及ぶと, 前庭性眼振である温度眼振の急速相が出にくくなるため, 眼球は緩徐相の方向へ偏倚するのみで温度眼振は解発されない。脳幹障害がさらに進行して前庭動眼反射系まで障害されると, 眼球の緩徐相への偏倚さえも起こらなくなる²⁰⁾²¹⁾。

一方, 意識レベルが下がると温度眼振の急速相が出にくくなることも知られている。意識障害が軽度であれば温度眼振は解発されるが, 意識障害が進行すると急速相が出なくなって眼球偏倚のみとなる。

付2 脳死の判定

脳死とは, 脳幹を含めたすべての脳の機能が不可逆的に障害され, 回復不能と認められる状態である。日本では, 臓器移植にかかわる場合にのみ法的に規定される。日本脳神経外科学会の脳死の判定基準は, 1. 深昏睡 (JCS 300), 2. 瞳孔固定 (両側 4 mm 以上), 3. 脳幹反射 (対光反射, 角膜反射, 毛様体脊髄反射, 眼球頭反射, 前庭反射, 咽頭反射, 咳嗽反射) の消失, 4. 平坦脳波, 5. 自発呼吸の消失, である。前庭反射の判定には温度刺激検査を用いる。外耳道に氷水を 50 ml 注入し, 眼球運動の偏位で前庭反射の有無を判定する。脳死の判定を行う患者は意識が障害されているため, 温度眼振は解発されない。