

前庭神経炎の診断における vHIT (video Head Impulse Test) の有用性

日本赤十字社和歌山医療センター 耳鼻咽喉科部

暁 久美子, 井上 大志, 江藤 杏奈, 石田 宏規, 森田 勲,
木村 俊哉, 辻村 隆司, 西村 一成, 池田 浩己, 三浦 誠

索引用語：vHIT (video Head Impulse Test), 温度刺激検査, 半規管麻痺, 前庭神経炎

要 旨

前庭神経炎の確定診断には末梢前庭機能低下の確認が必要とされ、温度刺激検査が外側半規管機能検査のゴールドスタンダードとして長年用いられてきた。近年より簡便・短時間・低侵襲に半規管機能の評価が可能な video Head Impulse Test (vHIT) が開発され、前庭神経炎診断における活用が期待される。そこで前庭神経炎例 39 例を対象に、vHIT における外側半規管機能評価の精度を温度刺激検査と比較した。

温度刺激検査を基準とした半規管麻痺 (Jongkees の式で定義した半規管麻痺 $\geq 25\%$) の vHIT による検出感度は 85~90% と良好であり、半規管麻痺の程度と患側 gain に負の相関、半規管麻痺の程度と gain asymmetry (GA) に正の相関がみられることから、vHIT を用いて外側半規管麻痺の程度がある程度予測できる可能性が示唆された。

はじめに

1988 年 Curthoys と Halmagyi により Head Impulse Test (HIT) による半規管機能評価法が提唱され¹⁾、2009 年 MacDougall らにより高速度カメラと加速度センサーを搭載したゴーグルを用いることで、さらに検査精度を向上させた video Head Impulse Test (vHIT) が開発された²⁾。

HIT 及び vHIT は他の眼球運動にはない前庭動眼反射の特徴「前庭器からの入力を受け、潜時が非常に短いこと」を巧みに利用した検査である。前庭動眼反射は、頭部回転時に生じる

回転加速度によって前庭器が刺激され、眼球が頭部回転と反対方向に動く反射であり、頭部回転時の指標固視がその目的である。外側半規管を入力とする前庭動眼反射は、前庭神経核、眼運動核 (外転神経核・動眼神経核) を介在して、左右の内直筋・外直筋に伝達されるシンプルな経路で構成される。他の眼球運動では視覚情報等の入力を受け、潜時が長い (約 70~200ms) のに対して、前庭動眼反射のみが半規管入力を受け、その潜時は 8~15ms と非常に短い。HIT 及び vHIT では極めて短時間 (約 150ms) の頭部回転刺激を利用することで、他の眼球運動の影響を受けず半規管成分 (前庭動眼反射) のみを抽出しつつ、半規管機能低下時には回転刺激直後に指標を捉えるために潜時約 200ms で出現する急速眼球運動 (catch up saccade : CUS) を見分けることを可能としている。

HIT では被験者に固定指標を注視させ、検者が被験者の頭部を受動的かつ急速に 10~20°

(令和 4 年 1 月 26 日受付)(令和 4 年 2 月 10 日受理)
連絡先：(〒640-8558)

和歌山市小松原通四丁目 20 番地
日本赤十字社和歌山医療センター
耳鼻咽喉科部

暁 久美子

水平方向に回転させる (head impulse). このとき半規管機能が正常であれば前庭動眼反射が十分に働き、指標を固視したままでいられるが、半規管機能低下がある場合には患側へ head impulse を加えた際に前庭動眼反射が十分に働かず、眼位と指標にずれが生じるため、指標を捉えるための CUS が回転刺激の直後に生じる。CUS を肉眼で確認すれば半規管麻痺と判定される。さらに vHIT では専用ゴーグルを用いて眼球運動及び頭部運動の速度を計測することで、肉眼では捉えられない CUS も検出でき、左右それぞれの前庭動眼反射の利得 (眼位と頭位の変化量の比) の平均値を算出して半規管機能を客観的に定量化可能となり、検査精度が向上している。

前庭神経炎は通常単発で突発的に発症する急性末梢前庭機能障害に起因するめまい発作を特徴とし、蝸牛症状やその他神経症状を呈さない。急性めまい発作が消退後も、前庭機能低下による不安定感、平衡障害が数ヶ月から年余にわたって持続することが多い。前庭神経炎の確定診断には末梢前庭機能低下の確認が必要であり、通常は温度刺激検査が用いられる。

当院では 2014 年 10 月より vHIT を導入し、めまい患者の半規管機能評価を行ってきた。外側半規管機能評価においては 1914 年 Robert Barany により提唱されて以降、温度刺激検査が長年ゴールドスタンダードとされてきたが、非生理的な刺激条件での検査であり、検査時間が長く、被験者にめまいや嘔気を誘発しうるといった欠点も有する。より簡便・短時間・侵襲が少ない vHIT が温度刺激検査に匹敵する半規管機能検査となりうるか調べるために前庭神経炎例を対象に vHIT と温度刺激検査の結果について比較したので報告する。

対 象

2014 年 10 月 1 日～2021 年 12 月 31 日めまいにて当院を受診し、日本めまい平衡医学会「めまい診断基準化のための資料」(表 1) に準拠して前庭神経炎確実例と診断された患者のうち、vHIT 及び温度刺激検査を 5 日以内に併施した 47 例から、温度刺激検査の手技不良であった 1 例、vHIT でアーチファクト混在が顕著な (注視不良・首が硬い) 2 例、めまいの既往がある 5 例を除外した 39 例を対象とした。年齢は平均 59 歳 (21～87 歳)、性別は男性：女性＝20：19、患側は右：左＝25：14、眼振所見は麻痺性：刺激性＝37：2、発症から検査日までの期間は中央値 5 日 (1～118 日) であった。

【表 1】日本めまい平衡医学会の前庭神経炎診断基準 (2017 年改訂)

A. 症状

1. 突発的な回転性めまい発作で発症する。回転性めまい発作は 1 回のことが多い。
2. 回転性めまい発作の後、体動時あるいは歩行時のふらつき感が持続する。
3. めまいに随伴する難聴、耳鳴、耳閉感などの聴覚症状を認めない。
4. 第Ⅷ脳神経以外の神経症状がない。

B. 検査所見

1. 温度刺激検査により一側または両側の末梢前庭機能障害 (半規管機能低下) を認める。
2. 回転性めまい発作時に自発および頭位眼振検査で方向固定性の水平性または水平回旋混合性眼振を認める。
3. 聴力検査で正常聴力またはめまいと関連しない難聴を示す。
4. 前庭神経炎と類似のめまい症状を呈する内耳・後迷路性疾患、小脳、脳幹を中心とした中枢性疾患など、原因既知の疾患を除外できる。

診 断

前庭神経炎確実例 (Definitive vestibular neuritis) :

- A. 症状の 4 項目を満たし、
- B. 検査所見の 4 項目を満たしたもの

前庭神経炎疑い例 (Probable vestibular neuritis) :

- A. 症状の 4 項目を満たしたもの

方法

vHIT (図 1-a) (図 1-b)

被験者を椅子に座らせ、高速 CCD カメラと 3 次元加速度計が内蔵されたゴーグル (ICS Impulse[®]: Otometrics 社) を装着させ、明所下で左右の外側半規管を評価する「Lateral」モードで評価を行った。検者は、被験者に眼前 1 m におかれた固定指標を注視するように指示しながら被験者の頭部を両手で把持し、ランダムに左右いずれかの方へ 10~20°, 急速 (100~200°/s) に頭部を回旋させ、左右どちらも



【図 1-a】vHIT の準備器材

高速 CCD カメラと 3 次元加速度計が内蔵されたゴーグル (ICS Impulse[®]: Otometrics 社) と専用ソフトを取り込んだノートパソコンで構成される。持ち運びが容易である。



【図 1-b】vHIT の方法

被験者を椅子に座らせてゴーグルを装着する。明所下で眼前 1 m におかれた固定指標を注視するよう被験者に指示しながら、被験者の頭部を両手で把持し、ランダムに左右いずれかの方へ 10~20° 急速に頭部を回旋させ、眼位及び頭位の変化を記録する。

20 回以上アクセプトされるまで検査を行った。以下の要領で患側の前庭動眼反射の利得 (gain)・gain asymmetry (GA)・CUS を算出した。

- ① 患側 gain: 患側刺激時の眼位回転角 (回転角速度の時間積分値) / 頭位回転角, 20 回刺激した平均値を算出, 0.8 以上を正常とした。
- ② GA: $GA = 100 \times (\text{健側 gain} - \text{患側 gain}) / (\text{健側 gain} + \text{患側 gain})$, 12% 未満を正常とした。
- ③ CUS: 20 回の刺激のうち, 14 回以上で十分な最大回転角速度をもつ CUS が出現した場合に, CUS 陽性とした。

温度刺激検査 (図 2)

被験者に眼球運動検査装置 (ニスタモ 21: モリタ製作所) を装着させ、完全暗所下に仰臥位・頭部前屈 30 度とし、温度刺激前に自発眼振の有無を確認。エアーカロリック装置 (FAC-7000: 第一医科) にて温風 (50°C) または冷風 (20°C) を 60 秒間に 6 L の流量で外耳道に送風刺激し、眼振を記録した。自発眼振の補正を行ったのち Jongkees の式にて半規管麻痺を算出し、25% 以上を異常とした。今検討では全例で半規管麻痺 25% 以上であった。



【図 2】温度刺激検査の方法

被験者に眼球運動検査装置を装着させ、暗所下で仰臥位・頭部前屈 30 度とし、エアーカロリック装置にて温風または冷風を外耳道に送風して刺激し、眼振を記録する。

Jongkees の式：半規管麻痺 = $100 \times |(RC + RW) - (LC + LW)| / (RC + RW + LC + LW)$
 (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
 それぞれの眼振最大緩徐相速度)

統計学的解析

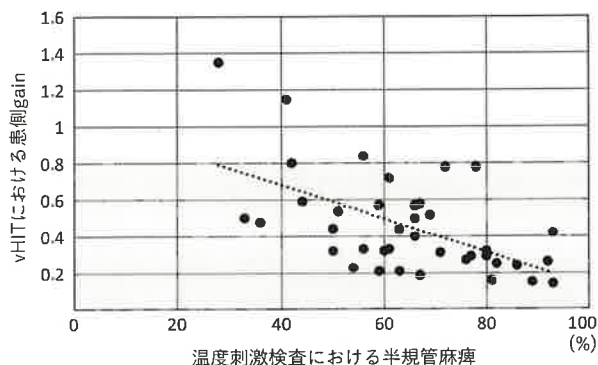
vHIT の患側 gain と温度刺激検査での半規管麻痺との相関, vHIT の GA と温度刺激検査での半規管麻痺との相関をそれぞれ Pearson の積算相関係数にて相関係数の検定を行った。 $p < 0.05$ を有意とした。また, vHIT での患側 gain 低下 (< 0.8)・GA 上昇 ($\geq 12\%$)・CUS 陽性による温度刺激検査での半規管麻痺 $\geq 25\%$ の検出感度を評価した。

結果

温度刺激検査での半規管麻痺は平均 $64.6 \pm 16.6\%$ (28~93%) であった。vHIT での患側 gain は平均 0.46 ± 0.27 (0.14~1.35), GA は平均 $32.9 \pm 17.8\%$ (-4.5~68.5%), CUS 陽性は 34/39 例で認められた。

患側 gain と半規管麻痺との相関 (図 3)

vHIT における患側 gain と温度刺激検査における半規管麻痺には統計学的に有意な負の相



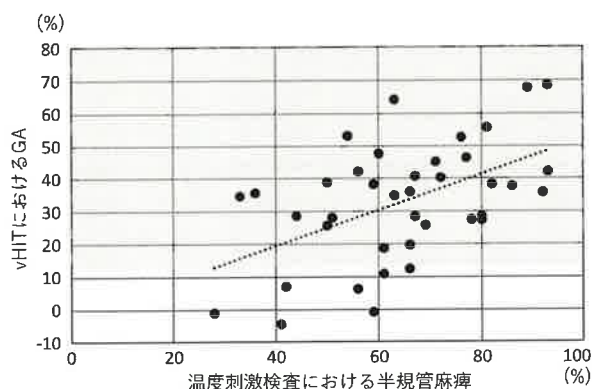
【図 3】患側 gain と半規管麻痺との相関 (n=39)

vHIT における患側 gain と温度刺激検査における半規管麻痺には統計学的に有意な負の相関がみられた。(Pearson の積算相関係数 = -0.57 , $p < 0.05$)

関がみられた (相関係数 = -0.57 , 95%信頼区間 $-0.75 \sim -0.31$, $p = 0.0001$)。

GA と半規管麻痺との相関 (図 4)

vHIT における GA と温度刺激検査における半規管麻痺には統計学的に有意な正の相関がみられた (相関係数 = 0.51 , 95%信頼区間 $0.23 \sim 0.71$, $p = 0.0009$)。



【図 4】GA と半規管麻痺との相関 (n=39)

vHIT における GA と温度刺激検査における半規管麻痺には統計学的に有意な正の相関がみられた。(Pearson の積算相関係数 = 0.51 , $p < 0.05$)

患側 gain 低下・GA 上昇・CUS 陽性による半規管麻痺の検出感度 (表 2)

温度刺激検査における半規管麻痺 ($\geq 25\%$) の検出感度は患側 gain 低下で 90% (35/39 例), GA 上昇で 85% (33/39 例), CUS 陽性で 87% (34/39 例) であった。これらの内, 高度半規管麻痺 ($\geq 50\%$) 例では患側 gain 低下で 97% (32/33 例)・GA 上昇で 91% (30/33 例), CUS 陽性で 94% (31/33 例) と高い検出感度が得られた。一方, 軽度半規管麻痺 ($< 50\%$) 例では患側 gain 低下・GA 上昇・CUS 陽性でいずれも検出感度が 50% (3/6 例) に低下した。患側 gain 低下・GA 上昇・CUS 陽性のいずれでも 100% 半規管麻痺が捕捉可能な半規管麻痺のカットオフ値は 63% であった。

【表 2】vHIT の患側 gain 低下・GA 上昇・CUS 陽性による半規管麻痺の検出感度 (n=39)

	全例 (25% ≤ 半規管麻痺)	軽度半規管麻痺 (25% ≤ 半規管麻痺 < 50%)	高度半規管麻痺 (50% ≤ 半規管麻痺)
患側 gain 低下	90% (35/39)	50% (3/6)	97% (32/33)
GA 上昇	85% (33/39)	50% (3/6)	91% (30/33)
CUS 陽性	87% (34/39)	50% (3/6)	94% (31/33)

【表 3】温度刺激検査を基準とした vHIT の精度評価

報告者	症例数	対象	刺激法	半規管麻痺の カットオフ値	vHIT 陽性の判定基準	感度	特異度
新藤	210	めまい例	単独冷刺激	25%	CUS+	62.6%	86.2%
Mahringer A	536	めまい例	冷温交互法	25%	VOR gain < 0.8 and CUS+	41%	92%
van Esch BF	324	めまい例	冷温交互法	22%	VOR gain < 0.8 and CUS+	31%	98%
Bell SL	51	めまい例	エア-カロリック	20%	VOR gain ≤ 0.8	29%	94%
Bartolomeo M	29	前庭神経炎例	冷温交互法	30%	VOR gain 低下 ≥ 40%	68.8%	100%

考 察

温度刺激検査を基準とした場合、めまい例全般を対象とした vHIT による半規管麻痺の検出感度は 29~62.6%^{3),6)}と報告されている(表 3)。今検討は前庭神経炎例のみを対象としており半規管麻痺(≥ 25%)検出感度は 85~90%と諸家報告よりも良好であり、特に高度半規管麻痺(≥ 50%)例では半規管麻痺の検出感度が 91~97%と優れていた。また vHIT を用いて半規管麻痺が 100%捕捉できる半規管麻痺のカットオフ値は 63%であり、Bartolomeo らの提唱するカットオフ値 65.2%と近似していた⁷⁾。一方で軽度半規管麻痺(< 50%)例では検出感度が 50%に低下した。今検討では全例が半規管麻痺例であるため特異度は算出できなかったが、諸家報告^{3),7)}では前庭神経炎に限定せずともめまい例全般にて vHIT による半規管麻痺検出の特異度は 86.2~100%と高かった。前庭神経炎例での半規管麻痺検出において vHIT は有用であり、特に高度半規管麻痺例の拾い上げに威力を発揮するが、逆に vHIT 陰性例では軽度半規管麻痺は否定しきれないために必要に応じて温度刺激検査を併用する必要があると考えられた。

一方で温度刺激検査は非生理的な刺激(単独半規管の温度刺激)を用いた検査であり、日常動作での回転刺激(生理的回転刺激:両側半規管から入力をうける)とは条件が異なる。そのため、温度刺激検査にて健常者データを基準に定められた既存のカットオフ値が、日常動作に影響しうる病的左右差とはかけ離れている可能性も考えられる。vHIT と温度刺激検査の相互評価では、生理的回転刺激を用いた vHIT における病的左右差を、温度刺激検査の半規管麻痺に換算すると約 50%(42.5~58.7%)と既存のカットオフ値より大きく^{3),7)}、軽度半規管麻痺(< 50%)が病的左右差に該当するかについては議論がなされている。

温度刺激検査と vHIT との検査結果に乖離を生じやすいメニエール病(温度刺激検査と vHIT では刺激周波数が大きく異なるため内リンパ水腫による流体力学的影響が異なって反映される、メニエール病では低周波数感度を主とした II 型有毛細胞が障害され、I 型有毛細胞は障害されないことなどが理由として考察されている^{8),9)})を含めためまい例全般を対象とした検討では半規管麻痺の程度と患側 gain、半規管麻痺の程度と GA に有意な相関を認めないと報告され

ている⁶⁾。しかし、前庭神経炎例のみを対象とした今検討では温度刺激検査における半規管麻痺の程度と vHIT の患側 gain には負の相関、半規管麻痺の程度と GA には正の相関がみられ、前庭神経炎例では vHIT を用いて温度刺激検査における外側半規管麻痺の程度がある程度予測できる可能性が示唆された。

まとめ

前庭神経炎例において、温度刺激検査を基準とした半規管麻痺 (≥ 25%) の vHIT による検出感度は 85~90% と良好であり、半規管麻痺の程度と患側 gain に負の相関、半規管麻痺の程度と GA に正の相関がみられることから、vHIT を用いて外側半規管麻痺の程度がある程度予測できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol* 1988 ; 45 : 737-739
- 2) Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, et al. Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography. *Ann NY Acad Sci* 2009 ; 1164 : 486-491
- 3) 新藤晋, 杉崎一樹, 伊藤彰紀ほか. video Head Impulse Test と温度刺激検査の相互評価. *Equilibrium Res* 2015 ; 74 : 541-551
- 4) Mahringer A, Rambold HA. Caloric test and video-head-impulse : a study of vertigo/dizziness patients in community hospital. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014 ; 271 : 463-472
- 5) van Esch BF, Nobel-Hoff GEAJ, van Benthem PPG, et al. Determining vestibular hypofunction : start with the video-head impulse test. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016 ; 273 : 3733-3739
- 6) Bell SL, Barker F, Heselton H, et al. A study of relationship between the video head impulse test and air calorics. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015 ; 272 : 1287-1294
- 7) Bartolomeo M, Biboulet R, Pierre G, et al. Value of the video head impulse test in assessing vestibular deficits following vestibular neuritis. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014 ; 271 : 681-688
- 8) Park HJ, Migliacco AA, Della Santana SCC, et al. Search-coil head-thrust and caloric tests in Meniere's disease. *Acta otolaryngol* 2005 ; 125 : 852-857
- 9) Tsuji K, Velazquez-Villasenor L, Rauch SD, et al. Temporal bone studies of human peripheral vestibular system. Meniere's disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol Sppl* 2000 ; 181 : 26-31

Key words ; video Head Impulse Test, caloric test, canal paresis, vestibular neuritis

Diagnostic Value of the video Head Impulse Test in patients with vestibular neuritis

Kumiko Gyo, Taishi Inoue, Anna Etou, Hiroki Ishida, Isao Morita, Toshiya Kimura,
Takashi Tsujimura, Kazunari Nishimura, Hiroki Ikeda, Makoto Miura

Department of Otorhinolaryngology, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

Abstract

Objective : The aim of this study was to compare the performance of the video Head Impulse Test (vHIT) with air caloric test in a group of patients affected by vestibular neuritis (VN).

Methods : 39 patients diagnosed with unilateral VN who underwent both caloric test and vHIT within a 5-day period were enrolled. All patients showed canal paresis ($CP \geq 25\%$) in the caloric test. The vestibulo-ocular reflex (VOR) gain and gain asymmetry (GA) in the horizontal canal vHIT as well as CP in the caloric test were compared (Pearson's product-moment correlation coefficient) . Sensitivity of the vHIT parameter (VOR gain, GA, catch up saccade : CUS) relative to caloric test was studied. The cutoff value of VOR gain and GA was determined to be 0.8 and 12%, respectively.

Results : A VOR gain in an affected ear and GA showed a statistically significant correlation with CP in a caloric test. With caloric testing considered as the golden standard, the sensitivity of the VOR gain and GA, CUS was 90% and 85%, 87%, respectively.

Conclusion : In VN cases, the horizontal canal vHIT has a high diagnostic sensitivity in comparison to caloric test. Using the horizontal canal vHIT, we can estimate the function roles of the horizontal semicircular canal.

