

「より早く」「もっと身近に」
vHIT によるめまい診療の新展開

【本誌でお伝えしたいこと】

- vHIT は半規管機能検査の一つ。

温度刺激検査と比較して

- 全ての半規管機能が評価できる。
 - 生理的な回転刺激で検査する。
 - 検査時間が短い(3-5分)。
 - 場所を取らない。
 - 吐き気が生じない。
 - 検査結果を自動解析。
 - 絶対値で評価 ⇒ 両側障害が診断しやすい。
- } 一般外来
クリニック向きの検査

さらに

- 繰り返し検査しやすいので、前庭機能の経過観察に便利。
- パラメータが二つ ⇒ アーチファクトの判別がしやすい。

vHIT によるめまい診療の症例等については、埼玉医科大学病院 耳鼻咽喉科より提供いただきました。

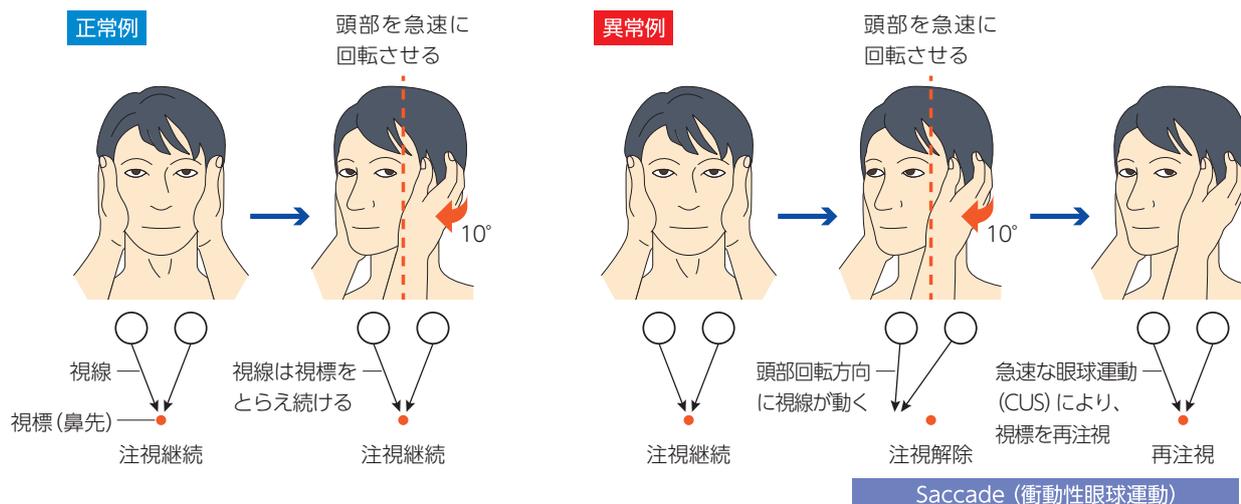
— 目 次 —

第 1 部 HIT から vHIT へ.....	3
1-1. HIT とは?	3
1-2. HIT の課題 ⇒ vHIT へ	3
1-3. vHIT とは?	4
1-4. vHIT の解析結果の見方 (正常例)	5
① 散布図	5
② 波形	5
1-5. vHIT の解析結果の見方 (一側異常例)	6
第 2 部 vHIT による新展開	7
2-1. 前庭神経炎を迅速に診断	7
2-2. 経過観察が容易	8
2-3. 眼振の無いめまいの評価	9
2-4. 全ての半規管機能の評価が可能	10
2-4- I . 病巣診断に有用 その 1	10
2-4- II . 病巣診断に有用 その 2	11
2-5. 耳の形態異常があっても診断できる	12
第 3 部 vHIT の pit&falls	13
3-1. vHIT を行う前に HIT の練習	13
3-2. vHIT を上手に行うコツとは?	13
3-3. アーチファクトとその対応	14
3-3- I . アーチファクトについて	14
3-3- II . 眼関連のアーチファクトについて	15
3-3- III . ゴーグルと頭蓋・顔面の不一致	16
3-3- IV . その他の留意点について	16

第1部 HITからvHITへ

1-1. HITとは?

Head Impulse Test (HIT) は vHIT が登場するおよそ 20 年前、Halmagyi と Curthoys が 1988 年に発表した、ベッドサイドでも施行可能な簡便な半規管機能検査です。HIT の手技は、まず検者は被験者と正対するように座り、被験者に検者の鼻先を見続けるよう指示します。次に検者は被験者の側頭部を両手でしっかり把持し、速く・小さく回転させます。健常者に HIT を行くと、VOR の働きにより視標（鼻先）を見続けることができますが、半規管機能低下例の患側方向に HIT を行くと、視標を見続けることができず、代償性眼球運動 (Catch Up Saccade 以下 CUS) が出現します。

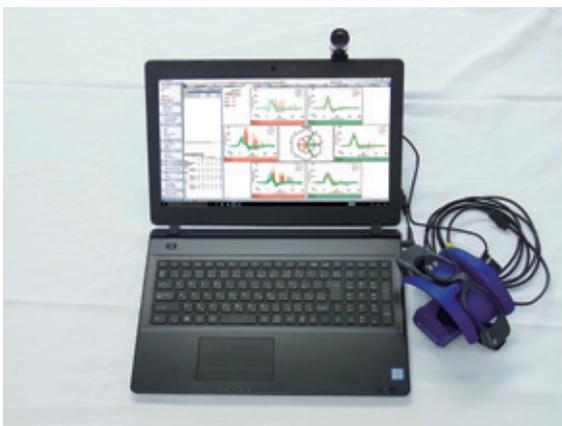


1-2. HIT の課題 ⇒ vHIT へ

HIT を行っても、潜時の速い一部の CUS は肉眼で見ることができません。肉眼で見ることができる CUS は Overt Catch Up Saccade (Overt とは明白な・観察できるの意)、肉眼で見ることができない CUS は Covert Catch Up Saccade (Covert とは隠れたの意) と呼ばれています。サーチコイルを使用した研究により、1980 年代から CCUS の存在は分かっていたましたが、サーチコイルは費用や侵襲の問題があり、日常臨床への応用は困難でした。そこで研究者達は、侵襲の少ないハイスピードカメラを用いた HIT の研究を 20 年近く行い、2009 年に vHIT が完成したのです。

1-3. vHIT とは？

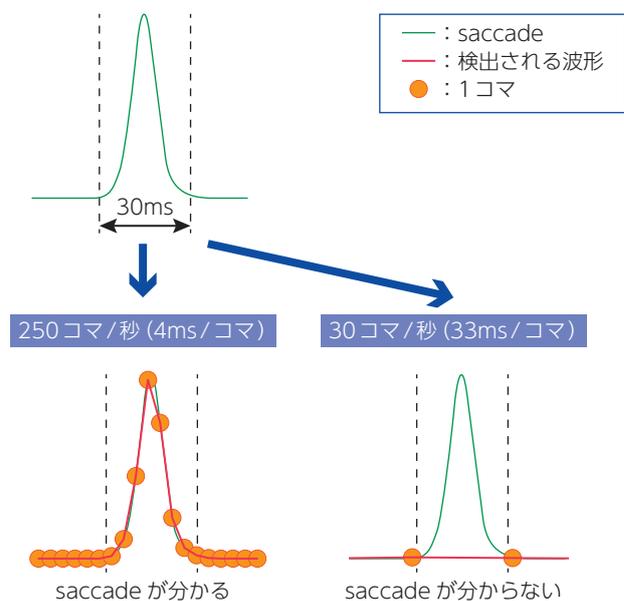
vHIT は、Head Impulse (HI) 中の眼位と頭位を記録・解析して行う検査のことです。vHIT 用の装置にはカメラ・頭位センサーを頭部に取り付けるタイプと据え置きカメラ一つから眼位と頭位の両者の解析を行うタイプの大きく 2 種類に分かれます。下図は vHIT 用システム (ICS Impulse) です。ICS Impulse は軽量ゴーグルに内蔵されたハイスピードカメラと頭位センサーを用いて HI 中の眼位と頭位を記録し、PC で解析を行います。



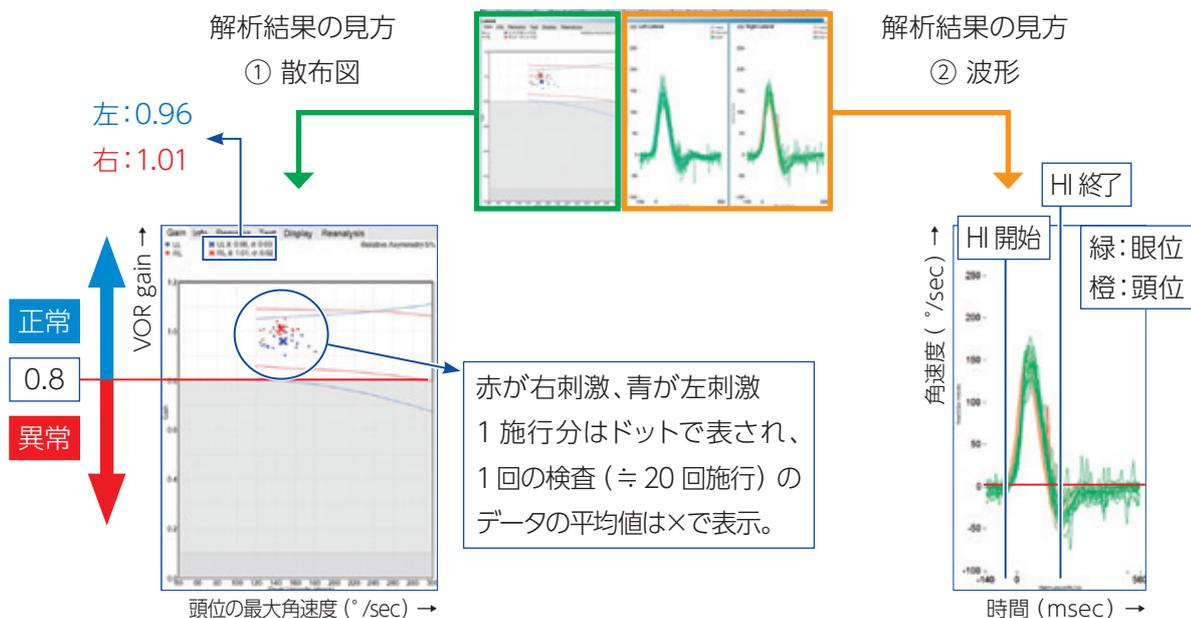
vHIT 用システム (ICS Impulse)

臨床で良く用いられている眼振観察用の赤外線 CCD/CMOS カメラはテレビと同じ 1 秒間に 30 コマですが、vHIT に搭載されているカメラは約 8 倍の約 250 コマ撮影できるので、前庭動眼反射 (VOR) だけでなく、衝動性眼球運動 (saccade) のような急速眼球運動も解析できるのです (右図)。

例えば、次のような急速眼球運動 (saccade) を 250 コマ/秒、30 コマ/秒で撮影できるビデオカメラで、それぞれ記録、解析した場合。



1-4. vHIT の解析結果の見方 (正常例)



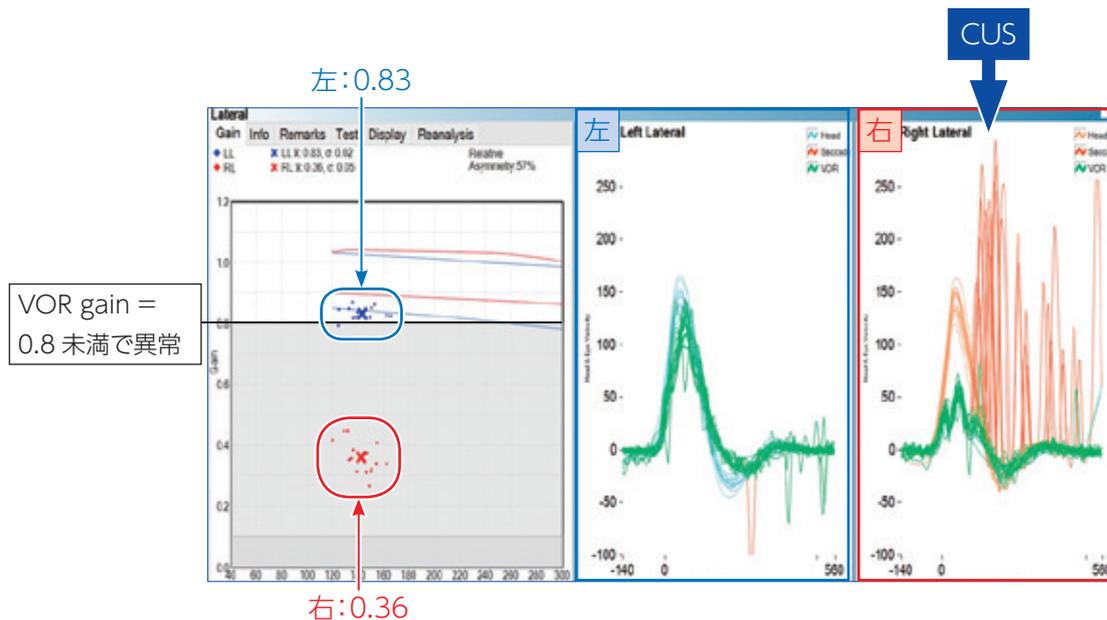
① 散布図 (上図左)

散布図は解析結果画面の左側に表示されます。横軸は頭位の最大角速度、縦軸は VOR gain です。HI 時の最大角速度が遅いと VOR 以外の要素（眼運動系など）が入り半規管機能を正しく評価できません。ICS Impulse では $120^{\circ}/\text{sec}$ 未満の施行回を自動的にリジェクトします。VOR gain は HI 中の眼位を頭位で割ったもので、VOR gain $\div 1$ であれば視標を見続けていることになり、半規管機能が低下するに従って低下していきます。本例は右 1.01、左 0.96 であることから両側正常と判定しました。

② 波形 (上図右)

HI 施行時の波形は解析結果画面の右側に表示されます。横軸は時間、縦軸は頭位の最大角速度です。vHIT ではソフト内のアルゴリズムにより HI の開始と終了時間から波形をそろえて表示します。また HI では、頭位と眼位の移動方向は逆なので、HI 中の VOR の波形は頭位と眼位で逆位相になるはずですが、ICS Impulse では頭位と眼位のずれを分かりやすくするため、敢えて眼位を逆転させて表示しています。半規管機能正常の本例では眼位と頭位のずれがほとんどないため、頭位の橙色の波形が眼位の緑色に隠れてほとんど見えません。

1-5. vHIT の解析結果の見方（一側異常例）



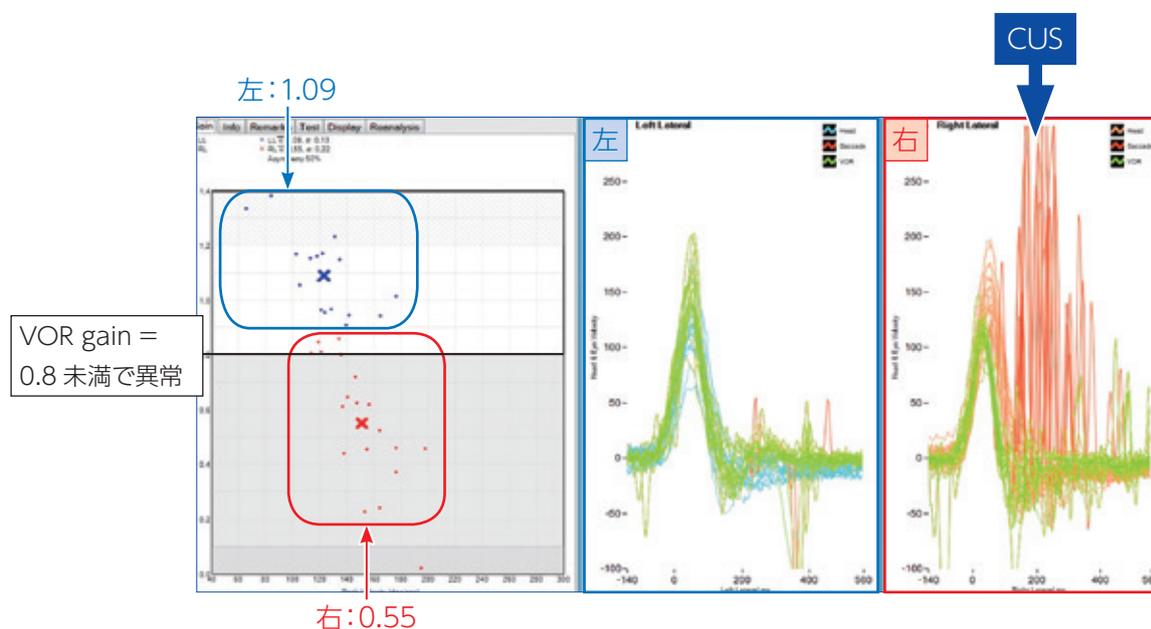
一側半規管機能低下例

次に一側異常例の vHIT の解析結果について解説します。まず解析結果の左側にある散布図を見ますと、右刺激の VOR gain の平均が 0.36、左が 0.83 であり、右 VOR gain が低下していることが分かります。次に右側にある検査の波形を見ますと、左刺激の波形では、HI 中の頭位と眼位がほぼ一致しており、HI 後にも代償性の眼球運動は認められません。一方右刺激の波形では、HI 中の頭位（橙）の波形に比べて眼位（緑）の波形が低いため、HI 中の頭位の波形がはっきりと見えます。さらに HI 後には CUS（赤）が明瞭に認められます。CUS は VOR が十分に働かず、視標から外れてしまった視線を視標に再捕捉するための代償性眼球運動であり、半規管機能低下を示す重要な所見です。このように一側半規管機能低下の典型例では、VOR gain の低下と CUS の 2 つの所見がともに認められます。

第2部 vHITによる新展開

2-1. 前庭神経炎を迅速に診断

患者はX年12月20日からの回転性めまいでA病院に26日まで入院しました。退院後もめまいが続くため、同月28日に当科を初診。同日vHITを施行したところ、右半規管機能低下（VOR gainの低下およびCUSの出現）の所見を認めたことから、初診日に右前庭神経炎と診断しました。



vHIT 右半規管機能低下の所見

vHITの利点

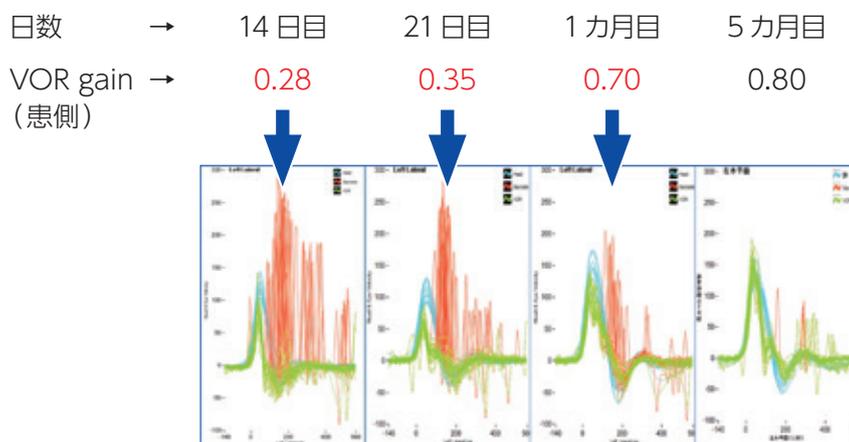
- 初診日に前庭神経炎と診断できる。
- 診察室で (= クリニックでも) 検査ができる。
- 外来中に検査できる (検査～解析まで約3分)。

2-2. 経過観察が容易

温度刺激検査はどうしても時間も手間もかかり、さらに吐き気などの侵襲が伴います。従って、前庭神経炎かどうかを診断するために1回は検査するものの、前庭機能の変化を確認するため 2回目・3回目の温度刺激検査を行うことはほとんどありません。

一方vHITは検査時間が短く、外来の診察室で検査可能なので、前庭機能の経過観察が容易です。また検査に伴う侵襲がほぼ無いので、患者は再検査を嫌がりません。

下図は、vHITを用いた前庭神経炎の患者の経時的変化を追ったものとなります。解析結果が見やすく、前庭機能の変化を患者に説明しやすいのもvHITの利点です。



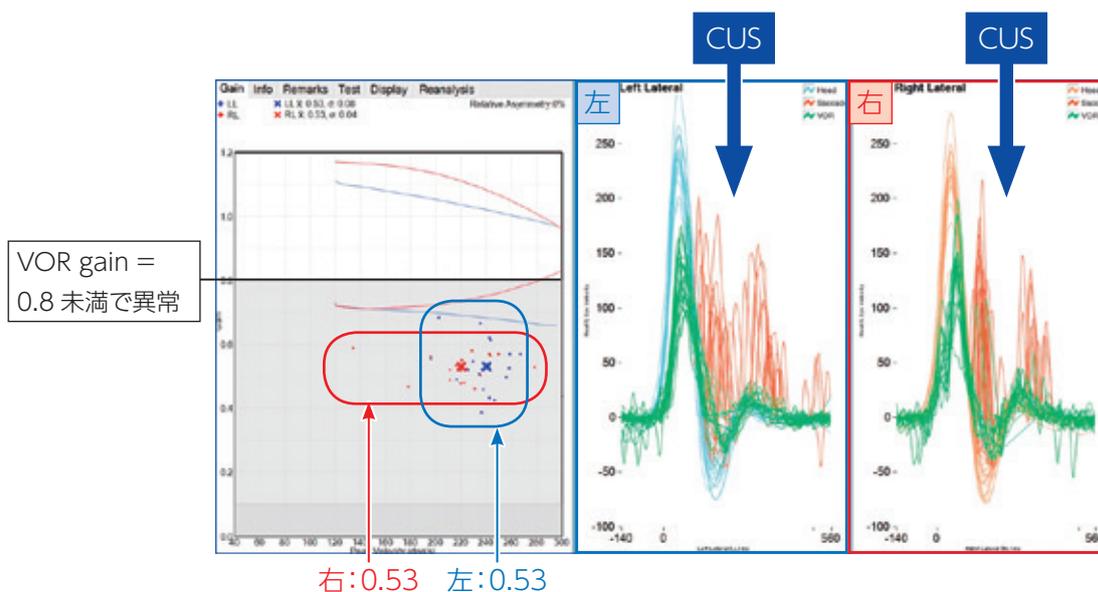
左前庭神経炎の経時的変化 (矢印はCUS)

vHITの利点

- 前庭機能の経時的変化が捉えやすくなった。
- 侵襲が少なく、患者が再検査を嫌がらなくなった。
- 解析結果が見やすいので、前庭機能の変化を説明しやすくなった。

2-3. 眼振の無いめまいの評価

患者は1年前から常に体がふらつくような感じがあり、前医の耳鼻科を受診しました。前医では眼振検査で眼振を認めないことから、異常なしと診断されていました。その後もふらつきが続くため、当科を受診しました。当科初診時に自発眼振・注視眼振・頭位眼振・頭位変換眼振の各検査を施行しましたが、やはり眼振は認められませんでした。そこでvHITを施行しました。すると、下図のとおり、両側同程度のVOR gainの低下およびCUSの出現を認めました。この患者はめまい発作の既往が無かったことから、**進行性両側前庭機能低下**と診断しました。眼振の無いめまい症例全てに温度刺激検査を予定することは実臨床ではむずかしいので、判断に迷う症例にvHITをスクリーニング検査として施行するよう心がけています。



眼振の無いふらつきの原因が「両側前庭機能低下」であった症例のvHIT

vHITの利点

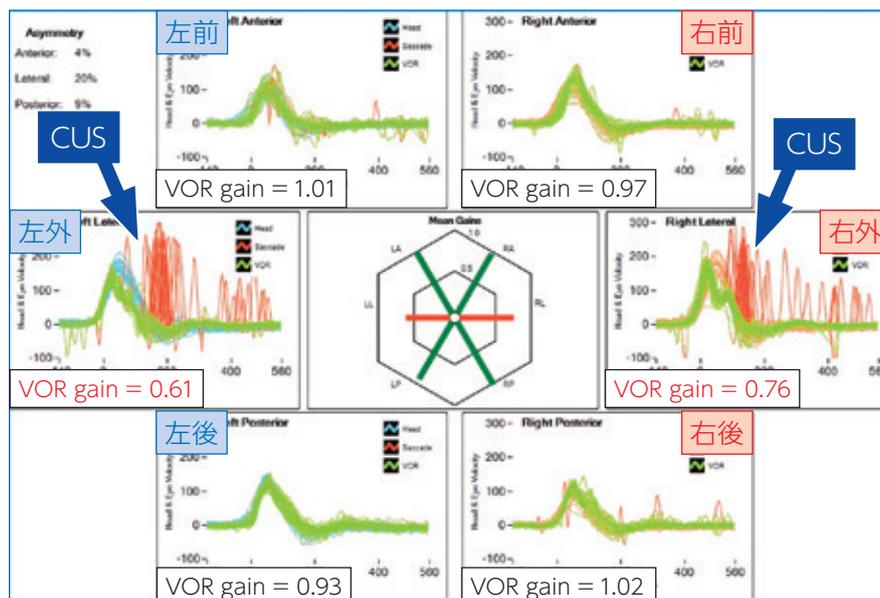
- 相対評価だけでなく絶対評価もできるので、両側同程度の前庭機能低下でも比較的容易に診断可能。
- VOR gain/CUS と二つのパラメータがあるので、検査結果の判定に迷うことが少ない。

2-4. 全ての半規管機能の評価が可能

2-4- I . 病巣診断に有用 その1

近年、各種検査を組み合わせることで障害部位を詳しく調べる「マルチモダリティ」技術が各領域で盛んに行われています。末梢前庭器は3つの半規管と2つの耳石器がありますが、特に前半規管、後半規管といった垂直半規管機能の検査が難しいことが、前庭機能検査上の長年の課題でした。

vHITは頭部回転の方向を変えることで全ての半規管機能を調べることが可能です。下図は両側の外側半規管と前庭が癒合した、嚢状半規管奇形患者のvHITです。両側とも外側半規管においてVOR gainの低下とCUSの出現を認めますが、前半規管・後半規管には異常が認められないことから、奇形の部位と機能障害の部位が一致していることが分かります。vHITには6半規管の情報を分かりやすく一括表示するHexplotモードがあり便利です。



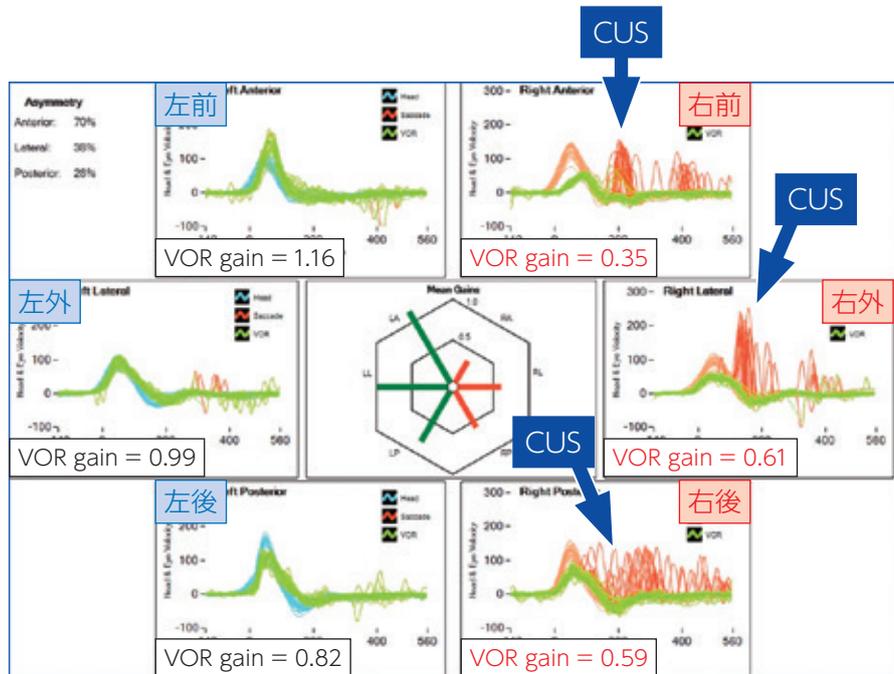
両側外側半規管奇形症例のvHIT

vHITの利点

- いままでできなかった前半規管・後半規管の機能評価が可能である。
- VEMPと組み合わせることで、末梢前庭器全ての機能評価が可能である。

2-4- II . 病巣診断に有用 その2

下図はめまいを伴う右ハント症候群です。vHIT では右において全ての半規管機能低下を認めますが、左は全て正常です。



めまいを伴う右ハント症候群

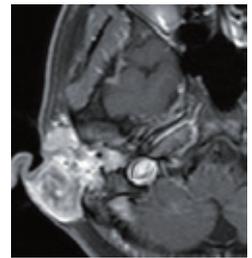
2-5. 耳の形態異常があっても診断できる

vHIT は外耳～中耳の形態異常があっても検査・診断ができます。症例は右外耳道の腺様嚢胞癌の術後再発の患者です。重粒子線治療により腫瘍は消失したものの、そのころからふらつくようになったために当科を受診しました。照射野に内耳が含まれていたことから放射線性内耳障害を考えましたが、外耳道は手術の影響により閉鎖して温度刺激検査を行うことはできません（右図の上段）。そこで vHIT を施行したところ、右の全ての半規管機能低下を示す所見を認め、右放射線性内耳障害と診断しました（下図）。

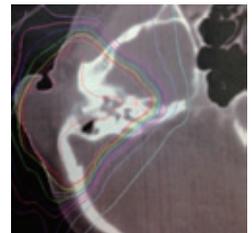
呈示した外耳道閉鎖術後症例以外にも、温度刺激検査では評価が困難な各種中耳疾患（慢性中耳炎、滲出性中耳炎 etc…）の他、内耳機能障害の可能性のある耳手術直後の前庭機能評価（アブミ骨手術、人工内耳・半規管瘻孔のある真珠腫 etc…）など、さまざまな場面で検査できるので非常に有用です。



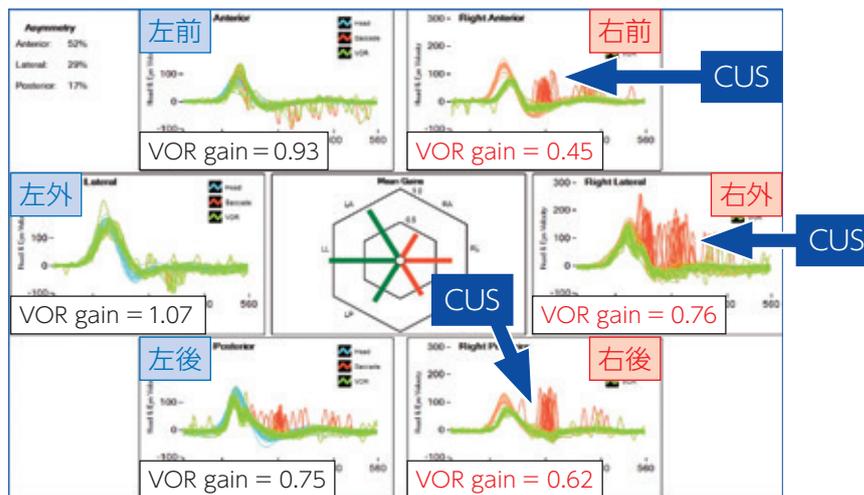
術後右外耳道は閉鎖



再発時の MRI



重粒子線照射 map



右外耳道閉鎖患者の右放射線性内耳障害

vHIT の利点

- 内耳に侵襲のある手術（アブミ骨手術・人工内耳・半規管瘻孔のある真珠腫）を行った翌日に半規管機能の評価ができる。
- 外耳道閉鎖・鼓膜穿孔・中耳貯留液があっても半規管機能が分かる。

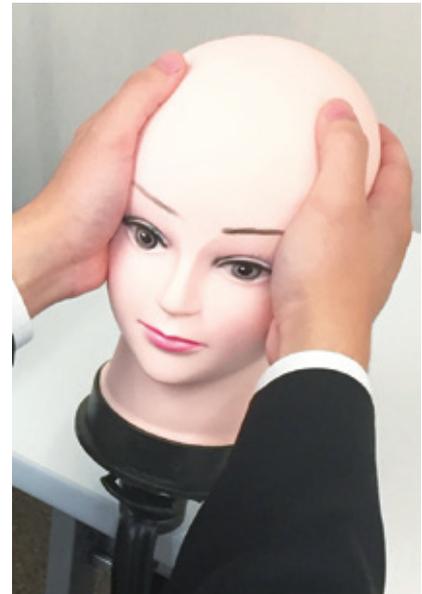
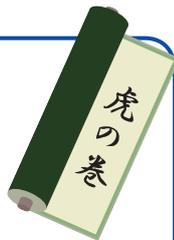
第3部 vHITのpit&falls

3-1. vHITを行う前にHITの練習

vHITを行うには、まずHITの手技をしっかり身に付ける必要があります。HITを適切に行うにはコツが必要で、事前に充分練習しておく必要があります。HITを上手に行うコツは以下の4点ですが、できれば経験者に教えてもらうことをお勧めします。なお、右図のようにヘアカット用マネキン頭部を用いたHITの練習も効果的です。

HITを上手に行うコツ

- 患者の両側の側頭部を広く・強く把持。
- 小さく・素早く回す（10°前後）。
- ピタッと止め・戻さない。
- 方向・タイミングをランダムに。



ヘアカット用マネキン頭部を用いたHITの練習

3-2. vHITを上手に行うコツとは？

vHITにはカメラと頭位センサーが装着されておりHITと大きく異なります。vHITを上手に行うコツは瞳孔を画面にしっかりと捉え続けることと、センサーやバンドに触れないことです。

vHITを上手に行うコツ

HITのコツ

- 小さく・素早く回す（10°前後）。
- ピタッと止め・戻さない。
- 方向・タイミングをランダムに。

+

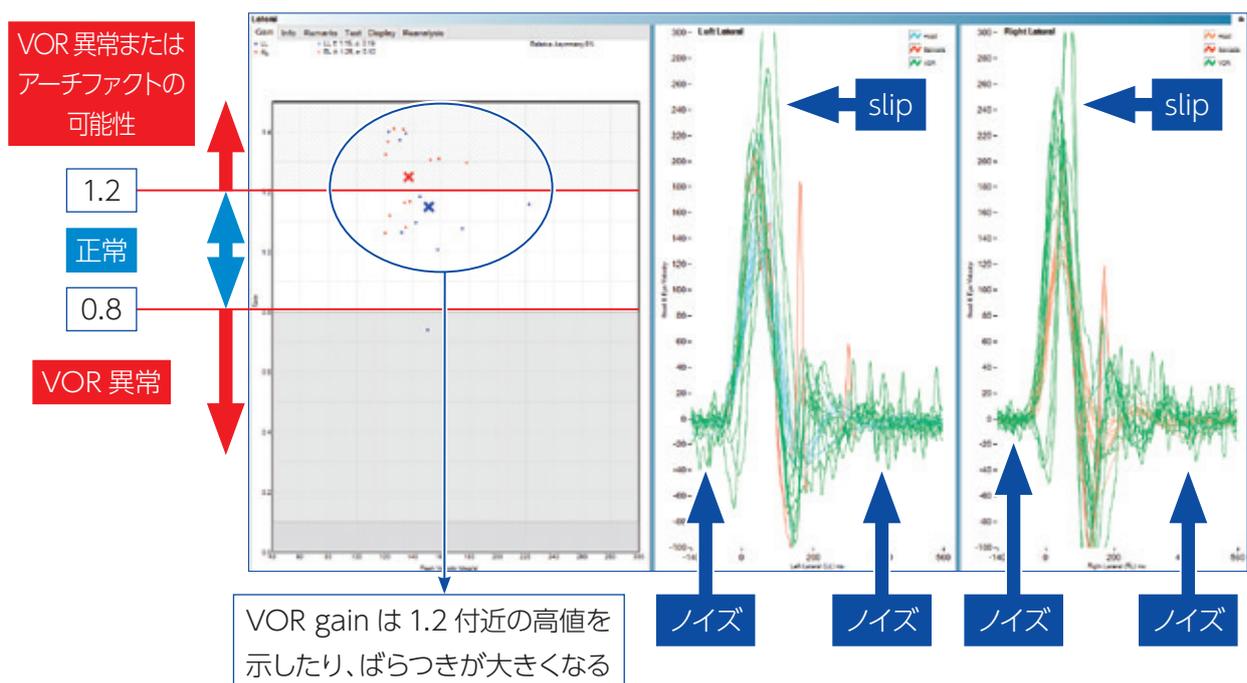
- 眼裂を開いて瞳孔をしっかり捉える。
- バンドに手を触れない。
- 瞳孔が画面からはみ出ない。

3-3. アーチファクトとその対応

3-3- I . アーチファクトについて

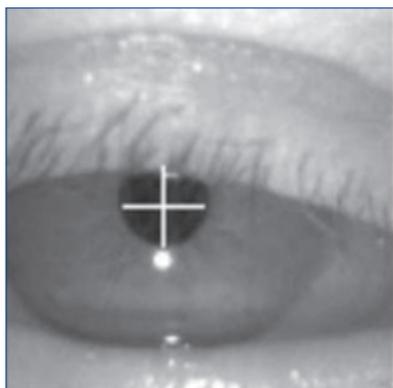
vHIT では解析にふさわしくないデータはソフトのアルゴリズムにより自動的に排除 (reject) されます。しかし全てのアーチファクトを排除できるわけではありません。そこで vHIT を使いこなすために、主なアーチファクトの原因とその判別方法、さらにそのアーチファクトの回避方法を知る必要があります。例えば下図は意図的に検者の手をゴーグルに接触させて記録した場合の例です。一看すると CUS がなく、前庭機能正常のように見えます。しかし、よく見ると眼位波形が頭位の波形より明らかに飛び出しています。これは“slip”と呼ばれるアーチファクトで、ゴーグルがずれるために起こります。“slip”の特徴としては、VOR gain の上昇 (1.2 以上が目安) もあります。また眼位が安定して記録できていない“ノイズ”のアーチファクト (基線がギザギザし、VOR gain のばらつきが大きくなる) も認められます。これらより、測定された波形がアーチファクトの影響によるものと分かります。vHIT は VOR gain、CUS と評価項目が 2 つあり、VOR gain が低下すれば CUS も認められるのが一般的です。このようにアーチファクトを見つけやすいことも vHIT の利点です。

またアーチファクトが発生している場合は、**検査時間が長時間化する傾向もあります**。普段の検査時間に比べて、長時間化する場合は、アーチファクトの原因となりうる問題点 (ゴーグルへの接触など) を今一度確認することをお勧めします。

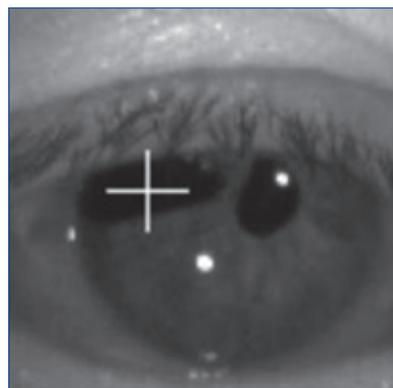


3-3- II . 眼関連のアーチファクトについて

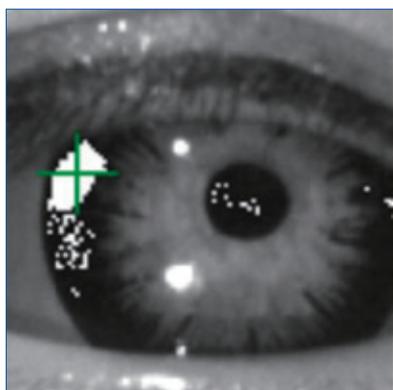
眼関連のアーチファクトは一般に“ノイズ”のアーチファクトになります。その中で一番多いのは眼瞼下垂によるアーチファクトです。日本人は元々眼裂が狭い人が多く、瞳孔を安定して捉えられない患者が多くいます。上眼瞼を引き上げたり、眼をしっかりと見開くよう指示することで改善することもあります。疲れてくるとまた下がってきたり、まばたきが増えてしまうので、時々検査を休止し、眼を閉じて休ませることが大事です。また虹彩欠損、先天性眼振、意識障害があり視標を正しく注視できないなどの場合は、検査が出来ないことがあります。カラーコンタクトレンズやつけまつ毛は、瞳孔が正しく認識できない要因となりますので、外してもらうなどの対応が必要になる場合があります。さらにHIの最中にまばたきをしてしまうとアーチファクトの原因になることも患者に説明し、なるべくまばたきをしないよう指導します。



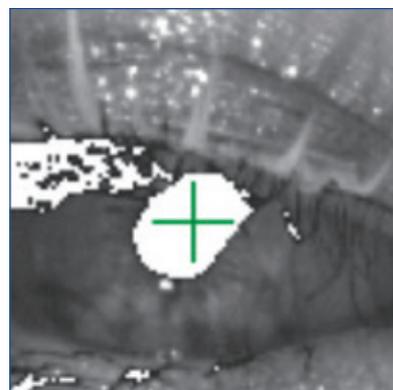
重度の眼瞼下垂



虹彩欠損



カラーコンタクトレンズ



つけまつ毛

3-3-Ⅲ．ゴーグルと頭蓋・顔面の不一致

vHIT は主に欧州で開発されており、ゴーグルの形状が西洋人に多い鼻が高く、長頭型の頭蓋にフィットするように作成されています。これに対し日本人の多くは鼻が低く短頭型なので、しばしばゴーグルと頭蓋・顔面の不一致によるアーチファクトが生じます。この場合“slip”になることが一般的です。“slip”はバンドをきつく締めることである程度軽減しますが、あまり締めすぎると痛みが出るばかりでなく、眼瞼周囲の組織が押し出され、眼裂が狭くなることによる“ノイズ”が増えて逆効果です。ICS Impulse では日本人の顔にフィットするフェイスクッションが開発されています。



日本人の顔にフィットするフェイスクッション

3-3-Ⅳ．その他の留意点について

HIT/vHIT では頭部を急速に回転させるので、重篤な頸椎疾患や頸部血管系の異常が無いか、事前に確認しておく必要があります。実際には僅か（約 5° — 10°）しか回しませんが、これらの患者には行わない方がよいでしょう。また高齢の男性は一般に首が硬く、若年女性と比べてやりづらいと感じることが多いと思います。その際、首が硬いのに無理やり高速（最大角速度 200° 以上）で回そうとするのは、頸部に異常な負荷がかかるのでお勧めできません。常に愛護的に検査を行いましょう。またバンドに直接触れていなくてもバンド近くを持って検査をすると、“slip”が生じやすいので注意が必要です。手はゴーグルからなるべく遠く、頭の上もしくは下あご近くを持って検査することをお勧めします。

<参考文献>

- Head Impulse Test の適応と実際
池園 哲郎 日本耳鼻咽喉科学会会報 Vol.118(7) 900~901, 2015
- 新しい半規管機能検査法 – Video Head Impulse TEST –
新藤 晋、池園 哲郎ら Equilibrium Res Vol.73(1) 22~31, 2014
- Video Head Impulse TEST
新藤 晋 Equilibrium Res Vol.74(2) 94~97, 2015
- vHIT (Video Head Impulse TEST) の診断的価値
新藤 晋 Equilibrium Res Vol.76(3) 212~218, 2017
- Halmagyi GM, Curthoys IS: A clinical sign of canal paresis. Archives of neurology 45: 737—739, 1988
- Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, et al.: Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography. Annals of the New York Academy of Sciences 1164, 486 — 491, doi: 10.1111/j.1749 — 6632.2008.03730.x (2009)

監修：
埼玉医科大学病院
耳鼻咽喉科診療部長・教授
池園 哲郎 先生

埼玉医科大学病院 耳鼻咽喉科
講師
新藤 晋 先生



医療機器事業部・営業部

〒185-8533 東京都国分寺市東元町 3-20-41

Tel.042-359-7880 Fax.042-359-7441

転 載 禁 止