

パネルディスカッション3 「vHIT と VEMP の診断的価値—半規管障害と耳石器障害—」

外側半規管の video head impulse test (vHIT) における
EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] の比較

牛尾 宗貴¹⁾・小村さやか¹⁾・石丸 純子¹⁾・竹内 成夫²⁾
浦中 司³⁾・岩崎 真一⁴⁾

A comparison of EyeSeeCam VOG[®] and ICS Impulse[®] in video head
impulse tests (vHIT) of the lateral semicircular canal

Munetaka Ushio¹⁾, Sayaka Omura¹⁾, Junko Ishimaru¹⁾, Shigeo Takenouchi²⁾,
Tsukasa Uranaka³⁾, Shinichi Iwasaki⁴⁾

¹⁾*Department of Otolaryngology, JCHO Tokyo Yamate Medical Center*

²⁾*Department of Otolaryngology, NTT Medical Center Tokyo*

³⁾*Department of Otolaryngology, Showa General Hospital*

⁴⁾*Department of Otolaryngology, the University of Tokyo*

Video head impulse testing (vHIT), which can quantitatively evaluate semicircular canal function, has been gaining popularity. However, there are multiple types of devices in use even in Japan, and evaluation methods differ between institutions. We conducted and compared vHIT measurements of the lateral semicircular canal with EyeSeeCam VOG[®] (EyeSeeCam) and ICS Impulse[®] (ICS).

We conducted vHIT using EyeSeeCam and ICS on 72 patients (37 females, 35 males; average age: 52.6 years [22–76 years]), diagnosed with ailments that could lead to unilateral peripheral vestibular disorders such as vestibular neuritis or unilateral acoustic neuroma. The results were evaluated using vHIT gain values from the affected and unaffected sides, as well as vHIT gain differences ($[\text{unaffected side vHIT gain} - \text{affected side vHIT gain}]/[\text{unaffected side vHIT gain} + \text{affected side vHIT gain}]$) and vHIT gain ratios ($\text{affected side vHIT gain}/\text{unaffected side vHIT gain}$).

On comparing the lateral semicircular canal vHIT measurements conducted with ICS and EyeSeeCam, we found the results to have a high degree of concordance. Although the vHIT gain for the unaffected and affected sides was larger with EyeSeeCam, vHIT gain differences and gain ratios indicated no significant differences between the device types. Furthermore, vHIT gain differences and gain ratios were strongly correlated between device types, more so than gain measurements alone.

Considering that multiple vHIT device types are presently in use, when comparing

vHIT gain across different models, comparisons based on vHIT gain differences or gain ratios may be more useful than those based on gain values alone.

Key words: head impulse test, vestibular neuritis, vestibular schwannoma

緒 言

末梢前庭器（半規管と耳石器）が重要な役割を果たす前庭動眼反射（VOR）は頭部の動きを代償する眼球回転であり，頭部の急速（最高 $300^\circ/\text{s}$ ）で高周波数（3 Hz 以上）の運動に対しても非常に精密（gain ほぼ 1.0）かつ迅速（潜時は約 16 ms）¹⁾²⁾ に応答する反射である。

1988年に Halmagyi と Curthoys により報告された head impulse test (HIT, ある いは head thrust test) は，一側末梢前庭機能障害により VOR gain に左右差が生じることを利用して，簡便に半規管機能の左右差を検出できる検査である³⁾。比較的簡便で，温度刺激検査ほど侵襲的でないところに特徴があるが，報告された当初は，眼球運動の判定を含む検査技術に習熟が必要であること，判定が主観的になること，半規管麻痺の検出感度が低いことなどが指摘されていた⁴⁾⁵⁾。しかし，従来，HIT の定量的評価に用いられていた侵襲的なサーチコイルを使用することなく，半規管機能を定量的に評価できる video head impulse test (vHIT) のための機器が開発され⁶⁾⁷⁾，その検出感度がサーチコイルとほぼ同等であることもあって⁸⁾⁹⁾ 浸透してきた。

各社より複数の vHIT 用機器が販売されているが，2017年のレビューでは，GN Otometrics（デンマーク）の ICS Impulse[®] を使用した論文が15編，EyeSeeCam VOG[®]，Interacoustics（ドイツ）を使用した論文が8編，Synapsis[®] vHIT，Synapsis SA（フランス）を使用した論文が9編など確認されている¹⁰⁾。これらのうち，本邦では，我々の知る限り，複数の施設で EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] が導入されている。いずれも高速

CCD カメラと加速度センサーを内蔵したゴーグル・解析用ソフトがインストールされたパソコン・両者を接続するケーブルから構成されている類似した機器ではあるが，結果の評価法は各施設で一致しておらず，たとえば vHIT ゲインを単純に比較してよいものか判断しかねることがある。我々は，EyeSeeCam VOG[®] ならびに ICS Impulse[®] の両機を同時に使用する機会を得たので，外側半規管の vHIT の結果を比較したので報告する。

対象と方法

対象

一側末梢前庭障害をきたしうる疾患と診断され，両機種の結果を比較するべく，同日に EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] を用いた水平半規管の vHIT を連続して行った72症例を対象とした。女性37例，男性35例で平均年齢は52.6歳（22～76歳）であった。疾患は上または上下前庭神経炎（37例），一側聴神経腫瘍（30例），めまいを伴う突発性難聴（3例），ラムゼーハント症候群（2例）であった。

方法

EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] を用いて行った水平半規管の vHIT の結果を比較した。vHIT はいまだ保険収載には至っていないため，所属施設である東京山手メディカルセンターおよび東京大学の倫理委員会から承認を受け，検査内容を被験者に説明して同意を得た上で検査を行った。

EyeSeeCam VOG[®]，ICS Impulse[®] のいずれにおいても，坐位をとらせた被験者に高速 CCD カメラと3次元加速度計が内蔵されたゴーグルを装着して，被験者の眼球の高さで正面に設定した指標を注視するよう指示した。続いて，EyeSeeCam VOG[®] では5点，ICS Impulse[®] では2点のレーザーポインターから投影された赤い指標を用いてキャリブレーションを行った。検査にあたっては，検者は被験者の背後に立って，検者の手がゴ

¹⁾ JCHO 東京山手メディカルセンター耳鼻咽喉科

²⁾ 三井記念病院耳鼻咽喉科

³⁾ 公立昭和病院耳鼻咽喉科

⁴⁾ 東京大学耳鼻咽喉科

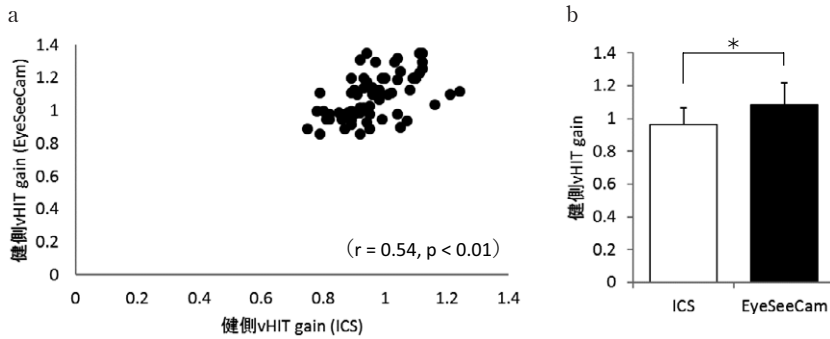


図1 健側の vHIT ゲイン

(a)EyeSeeCam VOG®と ICS Impulse®で表示された健側の vHIT ゲインには中等度の相関 ($r = 0.54$, $p < 0.01$) がみられ, (b)健側の vHIT ゲインは, EyeSeeCam VOG® (1.08 ± 0.13 (平均値 $\pm$ 標準偏差)) の方が ICS Impulse® (0.96 ± 0.11) より大きかった ($p < 0.001$)。

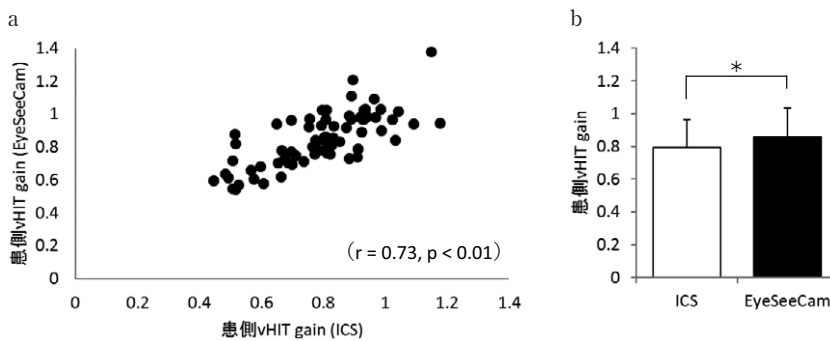


図2 患側の vHIT ゲイン

(a)EyeSeeCam VOG®と ICS Impulse®で表示された患側の vHIT ゲインには中等度の相関 ($r = 0.63$, $p < 0.01$) がみられ, (b)患側の vHIT ゲインは, EyeSeeCam VOG® (0.86 ± 0.18) の方が ICS Impulse® (0.79 ± 0.17) より大きかった ($p = 0.02$)。

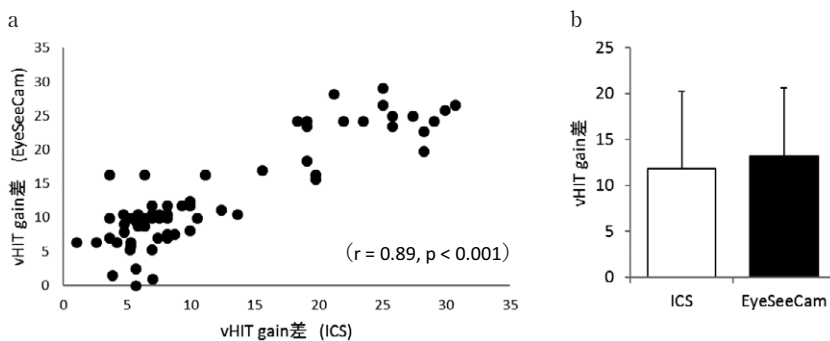


図3 Jongkees の式に準じる式を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン差)

(a)両機器で表示された vHIT ゲイン差には強い相関 ($r = 0.89$, $p < 0.001$) がみられ, (b)vHIT ゲイン差は, EyeSeeCam VOG® (13.1 ± 7.4) の方が ICS Impulse® (11.8 ± 8.3) よりやや大きかったが有意ではなかった ($p = 0.31$)。

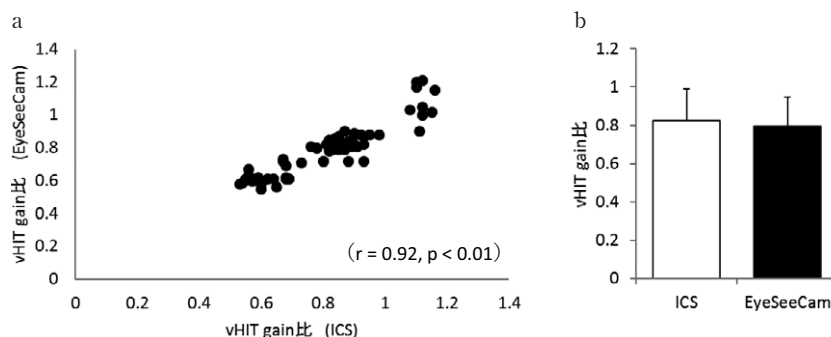


図4 vHIT ゲイン比を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン比)

(a)両機器で表示された vHIT ゲインの比には強い相関 ($r=0.92$, $p<0.01$) がみられ、(b)vHIT ゲイン比は、EyeSeeCam VOG[®] (0.80 ± 0.15) の方が ICS Impulse[®] (0.83 ± 0.16) よりやや小さかったが有意ではなかった ($p=0.26$)。

ーグルや固定用バンドに触れないよう注意しつつ、後方から被験者の頭部を保持した。最初に設定した被験者正面の指標を注視するよう指示し、検者は被験者の頭部を素早く ($100 \sim 200^\circ/\text{s}$ 程度) わずかに ($10 \sim 15^\circ$ 程度) 動かした。デフォルトでは、EyeSeeCam VOG[®] では左右それぞれ6回以上、ICS Impulse[®] では左右それぞれ20回以上 acceptable な波形が記録される必要があるように設定されているが、私たちは、EyeSeeCam VOG[®] でも ICS Impulse[®] でも左右それぞれ10-15回以上 acceptable な波形が記録されるまで検査を続けている。なお、被験者が回転方向を予測できると正確に評価できないため、頭部の回転方向やタイミングがランダムになるようにした。

corrective saccade (catch-up saccades) に関しては、頭部回転中に捕捉的な急速眼球運動が生じる covert corrective saccade と頭部回転後に捕捉的な急速眼球運動が生じる overt corrective saccade が区別され¹¹⁾、covert と overt の両者がみられる場合もあるが、これらは区別せず、いずれも「corrective saccades あり」とした。また、corrective saccade でも振幅が小さいものは tiny corrective saccade と呼ばれ、末梢前庭機能が正常な症例や VOR ゲインがわずかに低下した状態 (一側半規管麻痺症例の健側など) でもみられるため、半規管麻痺と判定しないとの報告もある¹¹⁾。corrective saccades の判定基準については諸説あるうえ、ゲインのみを判定基準に用いている施設も

あるが、本報告では、振幅が頭部の最高速度以上となる saccades がみられる場合にのみ corrective saccades ありとし、一側異常の判定基準を「vHIT ゲイン比が0.8より小さく、かつ corrective saccades ありで異常」とした。なお、EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] を用いた検査は同一の医師が同様の刺激となるよう留意しつつ連続して行った。

vHIT の結果については、以下の①、②で健側および患側の vHIT ゲイン自体を比較し、③、④で vHIT ゲインを処理した結果を比較し、⑤で EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で異なる結果を示した症例について検討した。

①EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表示された健側の vHIT ゲインの相関 (Pearson の積率相関係数) を評価し、ゲインの大きさを比較した (student t-test, 両側検定)。

②両機器で表示された患側の vHIT ゲインの相関 (Pearson の積率相関係数) を評価し、ゲインの大きさを比較した (student t-test, 両側検定)。

③Jongkees の式に準じる式を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン差)

温度刺激検査における Jongkees の式に準じて、

患側 vHIT ゲイン低下 (%)

$$= 100 \times \frac{|\text{患側 vHIT ゲイン} - \text{健側ゲイン}|}{(\text{患側ゲイン} + \text{健側ゲイン})}$$

として EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表

示される vHIT ゲイン差の相関 (Pearson の積率相関係数) を評価し, ゲインの大きさを比較した (student t-test, 両側検定)。以下, 便宜上, 本報告では「vHIT ゲイン差」とした。

④vHIT ゲイン比を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン比)

vHIT のゲインは比 (眼球の速度/頭部の速度) である。上述の vHIT ゲイン差のように比の和や差を用いることを避けるため, 健側と患側の vHIT ゲインの単純な比である

vHIT ゲイン比 =

(患側 vHIT ゲイン/健側ゲイン)

を用いて EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表示される vHIT ゲイン比の相関 (Pearson の積率相関係数) を評価し, ゲインの大きさを比較した (student t-test, 両側検定)。

⑤EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で正常・異常の判定が異なった症例について検討した。

結 果

①健側の vHIT ゲイン

EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表示された健側の vHIT ゲインには中等度の相関 ($r=0.54$, $p<0.01$) がみられ (図 1 a), 健側の vHIT ゲインは, EyeSeeCam VOG[®] (1.08 ± 0.13 (平均値 $\pm$ 標準偏差)) の方が ICS Impulse[®] (0.96 ± 0.11) より大きかった ($p<0.001$) (図 1 b)。

②患側の vHIT ゲイン

EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表示された患側の vHIT ゲインには中等度の相関 ($r=0.73$, $p<0.01$) がみられ (図 2 a), 患側の vHIT ゲインは, EyeSeeCam VOG[®] (0.86 ± 0.18) の方が ICS Impulse[®] (0.79 ± 0.17) より大きかった ($p=0.02$) (図 2 b)。

③Jongkees の式に準じる式を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン差)

両機器で表示された vHIT ゲイン差には強い相関 ($r=0.89$, $p<0.001$) がみられ (図 3 a), vHIT ゲイン差は, EyeSeeCam VOG[®] (13.1 ± 7.4) の方が ICS Impulse[®] (11.8 ± 8.3) よりやや大きかったが有意ではなかった ($p=0.31$) (図 3 b)。

④vHIT ゲイン比を用いた患側と健側の比較 (vHIT ゲイン比)

両機器で表示された vHIT ゲインの比には強い相関 ($r=0.92$, $p<0.01$) がみられ (図 4 a), vHIT

ゲイン比は, EyeSeeCam VOG[®] (0.80 ± 0.15) の方が ICS Impulse[®] (0.83 ± 0.16) よりやや小さかったが有意ではなかった ($p=0.26$) (図 4 b)。

⑤EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で異なる結果となった症例の検討

「vHIT ゲイン比が 0.8 より小さく, かつ corrective saccades ありで異常」という基準を適用して比較すると, EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] での結果は 72 例中 67 例 (93.1%) で一致した。結果が一致した 67 例中 39 例 (54.2%) はいずれでも正常, 28 例 (38.9%) はいずれでも異常で, 5 例 (6.9%) は両機器の結果に異なる点がみられた。

両機器の結果が異なった 5 例のうち, 2 例 (前庭神経炎 1 例, 聴神経腫瘍 1 例) においては, EyeSeeCam VOG[®] では異常であったが, ICS Impulse[®] では corrective saccades はみられたものの vHIT ゲイン比は正常であった (本報告の判定基準では正常)。一方, 3 例 (前庭神経炎 2 例, 聴神経腫瘍 1 例) においては, ICS Impulse[®] では異常であったが, EyeSeeCam VOG[®] では vHIT ゲイン比低下のみみられ corrective saccades はみられなかった (本報告の判定基準では正常) (表 1)。

考 察

I. 健側および患側の vHIT ゲイン

EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で表示された健側および患側の vHIT ゲインは中等度の相関がみられ, 健側および患側の vHIT ゲインは, EyeSeeCam VOG[®] の方がやや大きく示された。同一の被験者における vHIT ゲインは, 本来いずれの機器を用いても同等になるはずであるが, EyeSeeCam VOG[®] の方がゲインを大きめに示していた。相関の程度が高くなかったことから, いずれか一方または両方の機器で得られる検査結果にばらつきがあったものと考えられる。両機器を用いた検査は同一の医師が同様の刺激となるよう留意しつつ連続して行ったが, 検者の手がゴーグルに接触していた¹²⁾, 頭部回転の速度が安定しなかったなど, 検査手技に差があった可能性は否定できない。ただ, 得られるゲインの小さな相違や結果のばらつきは, 現在の vHIT 用機器の特性や精度の限界により生じた可能性もある。左右の vHIT ゲインの差や比を用いず, 判定基準を「患側の vHIT ゲインが 0.8 より小さいと異常」など

表 1 ICS Impulse[®] と EyeSeeCam[®] で外側半規管 vHIT の結果が異なった症例の比較

	年齢, 性別	病名	温度刺激検査 (CP%)	cVEMP	vHIT ゲイン比, CS 有無 (患側ゲイン, 健側ゲイン)		
					ICS Impulse [®]	EyeSeeCam	VOG [®]
ICS Impulse [®] のみで異常 (EyeSeeCam [®] ではゲイン低下のみ)	64 男	右前庭神経炎	右77.3%	右無反応	0.67, CS+ (0.59, 0.89)	0.72, CS-	(0.68, 0.95)
	73 男	右前庭神経炎	右60.7%	右反応低下	0.68, CS+ (0.60, 0.89)	0.61, CS-	(0.58, 0.95)
	25 女	右聴神経腫瘍	右67.8%	右反応低下	0.68, CS+ (0.82, 1.21)	0.69, CS-	(0.76, 1.10)
EyeSeeCam [®] のみで異常 (ICS Impulse [®] ではCS+のみ)	63 女	左前庭神経炎	左70.6%	左無反応	0.87, CS+ (0.82, 0.95)	0.79, CS+	(0.81, 1.03)
	43 男	右聴神経腫瘍	右60.0%	右反応低下	0.82, CS+ (0.70, 0.85)	0.78, CS+	(0.77, 0.99)

半規管麻痺=CP, 胸鎖乳突筋由来の前庭誘発頸筋電位検査=cVEMP, corrective saccades=CS
CS あり=CS+, CS なし (saccades の振幅が頭部の最高速度以上とならない)=CS-

とする場合、EyeSeeCam VOG[®] より ICS Impulse[®] の方で異常と判定されやすい可能性があるため注意が必要であると考えられた。

II. vHIT ゲイン差と vHIT ゲイン比

両機器で示された患側の vHIT ゲイン差, vHIT ゲイン比には強い相関がみられ、有意ではなかったものの、EyeSeeCam VOG[®] の方で患側ゲイン異常がやや強調される結果となった。両機の結果に高い相関がみられたことから、vHIT ゲイン差, vHIT ゲイン比の結果のばらつきは vHIT ゲイン自体よりも小さいと考えられ、両機器によるデータが混在している状態では、結果の比較に用いる数値としてより適切であると考えられた。

多くの場合、vHIT ゲインの左右の違いについては、左右の差を左右の和で除する式（本報告では vHIT ゲイン差）が用いられていると思われる。ただ、温度刺激検査における最大緩徐相速度や cVEMP の振幅は、度/秒や mA といった実際の数値であるが、vHIT のゲインとは、そもそも比（眼球の速度/頭部の速度）である。比の和や差を評価に用いることの正当性がはっきりしないため、単純に患側 vHIT ゲインを健側 vHIT ゲインで除したものを vHIT ゲイン比として算出したところ、vHIT ゲイン差より相関係数、p 値ともやや大きい程度で同様の結果であった。また、vHIT ゲイン自体では両機器の結果の相関が中等度であったにも関わらず、vHIT ゲイン差, vHIT

ゲイン比では高い相関がみられた。両機器間ではゲインが異なって示され、ばらつきも大きい、同一機器内ではゲインの再現性が高く、左右の比較となる vHIT ゲイン差, vHIT ゲイン比はいずれの機器を用いても同等であったためではないかと考えられる。

今回の結果からは、vHIT ゲイン差, vHIT ゲイン比のいずれを用いても、同様に vHIT ゲインの左右差を評価できるのではないかと考えられる。

III. EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] で異なる判定となった症例

vHIT ゲインと corrective saccades の有無を用いて比較すると、EyeSeeCam VOG[®] と ICS Impulse[®] での結果は93.1%と多くで一致したが、2例では ICS Impulse[®] のみで異常がみられ、3例では EyeSeeCam VOG[®] のみで異常がみられた。

EyeSeeCam VOG[®] あるいは ICS Impulse[®] のみで異常がみられた5例は、いずれも前庭神経炎または聴神経腫瘍症例であり、両機器の結果が異なった原因が疾患の違いにあるわけではないと考えられる。今回の検討では、EyeSeeCam VOG[®] は ICS Impulse[®] と比較して、健側ゲイン, 患側ゲインともやや大きく示され、ゲイン比やゲイン差でみると、有意ではなかったものの EyeSeeCam VOG[®] の方でゲイン異常がやや強調される傾向がみられた。換言すると ICS Impulse[®] では EyeSeeCam VOG[®] よりゲイン異常がやや出にくい可能

性があり、ICS Impulse[®]で corrective saccades のみ異常（本報告の判定基準では正常）となる症例が3例みられた原因のひとつではないかと考えられる。一方、EyeSeeCam VOG[®] (220 Hz) のサンプリングレートはICS Impulse[®] (250 Hz) よりやや低い。その差は30 Hzのみであるが、サンプリングレートが低い方が corrective saccades のピークを検出する確率は低くなりうると考えられるため、EyeSeeCam VOG[®]でvHITゲインのみ異常（本報告の判定基準では正常）となる症例が2例みられたのかもしれない。

ICS Impulse[®]とEyeSeeCam VOG[®]は、ゴーグルに高速CCDカメラと3次元加速度計が装着されており、左右6つの半規管が属する3平面のHITの結果を端末で解析して表示できるという点で共通している。しかし、ゴーグルと顔面の接触部の素材（ICS Impulse[®]は低反発素材、EyeSeeCam VOG[®]はシリコンゴム）、キャリブレーションに用いる指標の数（ICS Impulse[®]は左右2点、EyeSeeCam VOG[®]は上下左右と正面の5点）、サンプリングレート（ICS Impulse[®]は250 Hz、EyeSeeCam VOG[®]は220 Hz）、垂直半規管を評価する方法（ICS Impulse[®]は頭部を30-40度程度回転して眼球を反対方向に回転して指標を固視しながら垂直半規管を含む平面でvHITを行う。一方、EyeSeeCam VOG[®]は頭部と眼球を回転せず指標を固視しながら、垂直半規管を含む平面でvHITを行う）など異なる点もある。

いずれもvHITという共通の検査を行うための機器ではあるが、本報告で示した通り、最も重要なvHITゲインの結果にはやや違いがみられたことには留意する必要があるといえる。vHITゲイン自体やcorrective saccadesの有無は重要であるが、本報告の結果から、両機が混在している現時点でゲインについて議論する場合には、vHITゲイン差やvHITゲイン比を用いた方が機種を超えた比較の際には有用なのではないかと考えられた。

結 語

ICS Impulse[®]とEyeSeeCam VOG[®]で行った外側半規管のvHITの結果を比較すると、判定結果は高率に一致していた。健側および患側のvHITゲインはEyeSeeCam VOG[®]の方が大きかったが、vHITゲイン差、vHITゲイン比では両機の違

いは有意ではなかった。また、vHITゲイン差やゲイン比は、ゲインそのものより両機種の相関も強かった。

vHITは外来やベッドサイドで比較的簡便に行える生理的な検査として有用であるが、機器それぞれの特性を理解したうえで利用することが望ましいと考えられる。

文 献

- 1) Snyder LH, King WM: Vertical vestibuloocular reflex in cat: asymmetry and adaptation. *J Neurophysiol* 59: 279-298, 1988
- 2) King OS, Seidman SH, Leigh RJ: Control of head stability and gaze during locomotion in normal subjects and patients with deficient vestibular function. In: Berthoz A, et al (eds) Second symposium on head-neck sensory-motor system. pp 568-570, Oxford University Press, New York, 2012
- 3) Halmagyi GM, Curthoys IS: A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol* 45: 737-739, 1988
- 4) Harvey SA, Wood DJ, Feroah TR, et al.: Relationship of the head impulse test and head-shake nystagmus in reference to caloric testing. *Am J Otol* 18: 207-213, 1997
- 5) Beynon GJ, Jani P, Baguley DM: A clinical evaluation of head impulse testing. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 23: 117-122, 1998
- 6) Ulmer E, Chays A: Curthoys and Halmagyi Head Impulse test: an analytical device. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 122: 84-90, 2005
- 7) Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, et al.: Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography. *Ann N Y Acad Sci* 1164: 486-491, 2009
- 8) 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* 271: 681-688, 2014
- 9) Bell SL, Barker F, Heselton H, et al.: A study of the relationship between the video head impulse test and air calorics. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 272: 1287-1294, 2015
- 10) Alhabib SF, Saliba I: Video head impulse test:

a review of the literature. Eur Arch Otorhinolaryngol 274: 1215–1222, 2017

- 11) Weber KP, Aw ST, Todd MJ, et al.: Head impulse test in unilateral vestibular loss: vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades.

Neurology 70: 454–463, 2008

- 12) 新藤 普 : video Head Impulse Test. Equilibrium Res 74: 94–97, 2015

利益相反に該当する事項はない。