

## 前庭動眼反射と視運動性眼振の相互作用に関する臨床的研究 - 正常人および一側末梢前庭障害症例における検討 -

那須 隆

山形大学医学部情報構造統御学講座 耳鼻咽喉・頭頸部外科学分野  
(平成15年10月14日受理)

### 要 旨

目的 : 前庭動眼反射 (vestibulo-ocular reflex: VOR) と視運動性眼振 (optokinetic nystagmus: OKN) の相互作用 (Vestibulo-optokinetic interaction: VOI) について調べた報告は少なく、これを機能検査に応用した報告はない。今回、正常人と一側末梢前庭障害 (unilateral peripheral vestibular dysfunction: UPVD) 症例を対象に VOI を検査し、この検査による患側診断の可能性について検討した。

対象・方法 : 対象は正常人16人 (正常群) UPVD症例30人 (前庭障害群) とした。前庭障害群は、温度性眼振検査で半規管麻痺 (canal paresis: CP) 30%以上で自発眼振およびVOR利得の左右差を認めない症例とした。被検者には振子様回転刺激によるVOR刺激と回転している被検者にとって等速となるようにコンピュータで制御したOKN刺激を同時に与えた。記録は眼振計 (electro-oculography: EOG) にて行い、コンピュータにより個々のOKN緩徐相速度を計測した。

結果 : OKN緩徐相速度は回転周期ごとに重ね書きし、最小二乗法により近似曲線を作成して計測した。近似曲線のピークの高い値を増強効果、低い値を減弱効果、ピーク間を変調速度と規定した。正常群では変調速度が回転角速度と二次回帰式に、回転角加速度と一次回帰式に近似できる関係が示された。前庭障害群では、VOR健側刺激の増強効果が患側刺激よりも有意 ( $p < 0.01$ ) に高く、健側刺激の減弱効果が患側刺激よりも低い傾向がみられた。OKN緩徐相速度の増大効果がより高い値をとる方向を健側として温度刺激検査と患側判定を比較したところ、80~90%と高い割合で一致した。

結論 : 今回の検討から、VOI検査によるOKN緩徐相速度の増大効果の判定により、末梢前庭障害の患側診断が可能となることが示唆された。

キーワード : vestibulo-optokinetic interaction、振子様回転、前庭動眼反射、  
視運動性眼振、一側末梢前庭障害

## 緒 言

めまい疾患を診断する上で患側診断は非常に重要である。患側の決定には温度刺激検査を施行するのが一般的であるが、本検査はしばしばめまいなどの不快感を与えるため、時に検査を拒否する患者もみられるのが現状である。一方、かつて用いられた回転検査は定量的刺激法としての利点はあるが、被験者の集中力低下による結果のばらつきが多く<sup>1)2)</sup>、前庭代償が進んだ症例では正常反応を示すことも多いなどの欠点があり、現在ではほとんど用いられなくなっている<sup>3)</sup>。

視運動性眼振(optokinetic nystagmus: OKN)は、眼前を連続的に移動する対象を正確に追跡するための眼球運動であり、対象物の網膜上における位置誤差を認知することにより正確な中心窩視を達成するのに働いている<sup>4)</sup>。前庭動眼反射(vestibulo-ocular reflex: VOR)は、頭部運動の加速度を認知することにより発現する眼球運動であり、頭部の動きの反対方向へ眼球を動かすことで、結果的に眼球を空間に固定させるように働いている。これらの眼球運動は、頭部が動いた状態で移動する対象物を中心窩で捉える際に相補的に働くことが知られている<sup>5)6)</sup>。

臨床検査でVORとOKNを誘発する刺激はいずれも定量的な刺激であり被検者に過度な苦痛を与えることはない。また前庭刺激に視刺激を加えることで被検者の集中力低下を防止できるのみならず、両者の刺激を同時に与えることにより回転刺激で左右差のない代償の進んだ症例でも左右差として検出される可能性が期待できる<sup>7)8)</sup>。そこで本研究では、VORとOKNの相互作用(vestibulo-optokinetic interaction: VOI)について、まず正常人を対象にその生理学的特徴を明らかにし、さらに一側末梢前庭障害(unilateral peripheral vestibular dysfunction: UPVD)症例に対してVOIを検査することで、患側診断法としての可能性について検討した。

## 対象と方法

神経耳科学および神経学的に異常を認めない健常成人16人(男4人、女12人、21~32歳、平均25.8歳;以下正常群)および1998年4月から1999年12月に当科めまい外来を受診したUPVD症例30例(男17人、女13人、18~74歳、平均54.0歳;以下前庭障害群)を対象とした。前庭障害群は、平衡機能検査を施行した結果、1)温度刺激検査で30%以上の半規管麻痺を認める症例で自発眼振が全く無いか自発眼振を認めても10秒間に3発以下の非常に弱いもの、2)暗所開眼下で周波数0.3 Hz、振幅60度の振子様回転刺激検査で利得に左右差がないもの、3)追跡眼球運動検査の利得が0.85以上およびOKNの適応限界速度が55度/秒以上でいずれも反応に左右差がないものとした。すべての患者には検査施行前に本研究について詳細に説明し、承諾を得た上で検査を施行した。

## 1. 刺激方法

VORは回転椅子(等加速度・振子運動装置FRO-02、第一医科器械、東京)を用いた振子様回転刺激(VOR刺激)により誘発した。被検者を回転椅子に着座させて頭部を軽度前屈させバイトボードを用い頭部を固定し回転刺激を与えた。OKNを誘発するための視運動性刺激(OKN刺激)は眼振誘発装置(Jung型投影式視性眼振誘発装置FO-02、第一医科器械、東京)を使用して行った。被検者の眼前1mに設置したスクリーン上にランダムドットパターンのOKN視標を投影し、振子様回転中の被検者に対して相対的にOKN視標が常に等速に動くようにコンピュータを用いて制御した(図1)。

## 2. 刺激条件

## 1) 正常群

振子様回転は、振幅30、60、90度で、回転周波数0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.5 Hzの条件で行った。OKN刺激は、VOR刺激に対して相対的にOKN刺激速度が30度/秒の

前庭動眼反射と視運動性眼振の相互作用

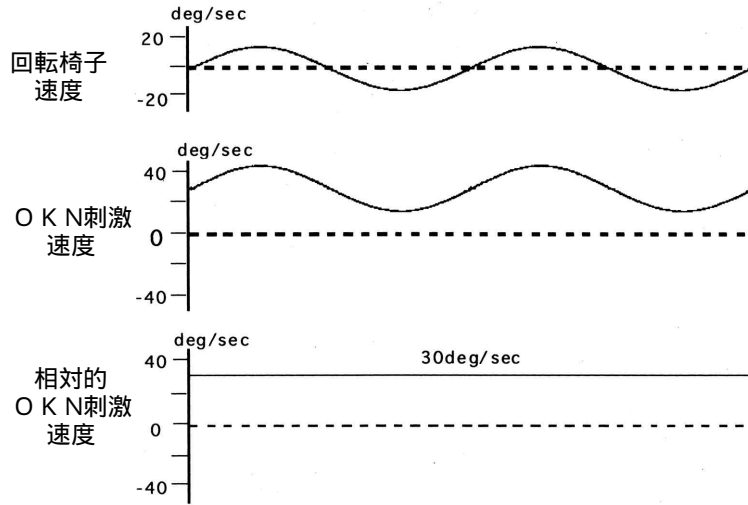


図1．刺激設定

VOR刺激のために回転している被検者にとって常に等速となるようにOKN刺激（下段）を与えた。そのため実際のOKN刺激速度（中段）は回転刺激（上段）に同期した振子様変調を来たす（中段）。  
縦軸：角速度，横軸：時間

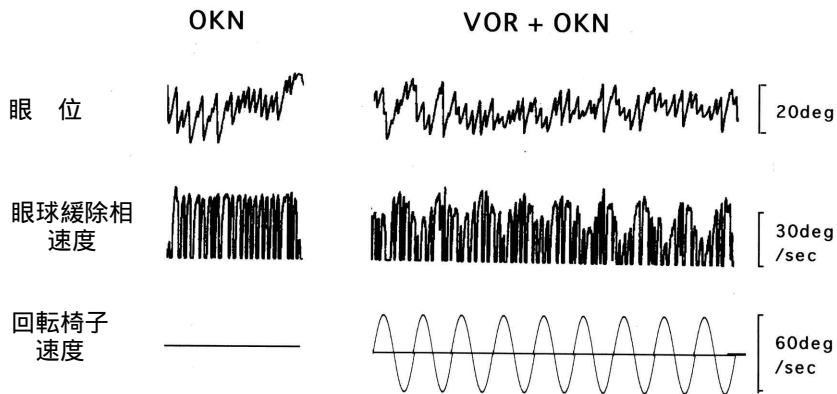


図2．正常群のEOG波形

左側：OKNのみを与えた場合のEOG波形  
右側：VOR刺激とOKN刺激を同時に与えたEOG波形  
OKN刺激は右向きに、VOR刺激は振子様に左右に与えた。

等速になるように行った。尚、正常群はOKN 適応限界速度に左右差がないためOKN刺激の相対的刺激方向は一方向刺激（時計回転方向）のみとした。刺激時間は回轉椅子が8～10周期振子様回転するまでとした。

2) 前庭障害群

長時間の検査が困難であることから、VOR刺激の振幅は60度の一種類とし、周波数はその最大角速度が18.84、28.26、37.68度/秒となる0.1、0.15、0.2 Hzの三種類のみとした。OKN

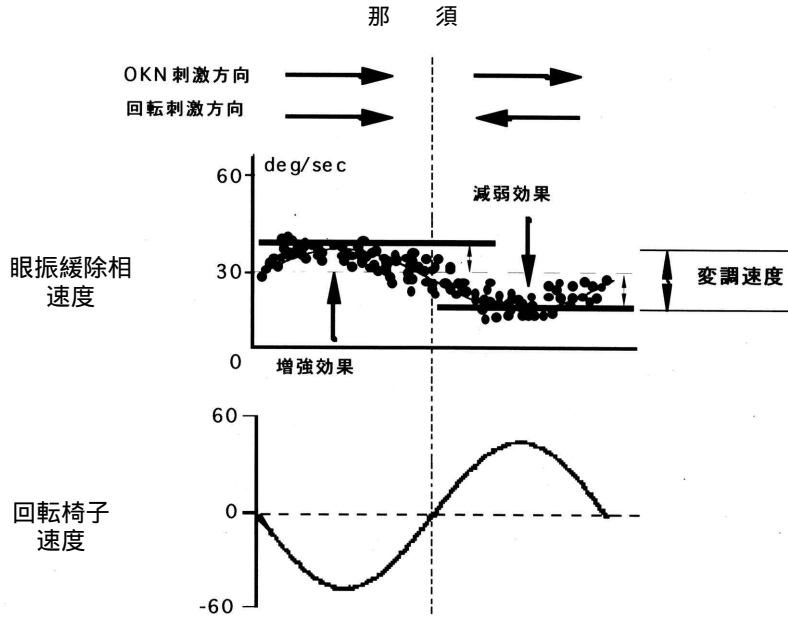


図3．正常人の1周期ごとに重ね書きした眼振緩徐相速度

刺激は、正常群と同様に相対的OKN刺激速度が30度/秒の等速になるように行った。刺激方向は時計回転方向と反時計回転方向の二方向とし、それぞれ分けて行った。刺激時間は回転椅子が8～10周期振子様回転するまでとした。

### 3. 眼運動記録・分析方法

眼球運動は眼振計 (electro-oculography: EOG) (POLYGRPH SYSTEM、日本光電、東京) (高域遮断フィルタ20 Hz) で記録した。眼球運動信号をコンピュータ (サンプリングレート200 Hz) で解析し、眼振緩徐相速度を計測した<sup>9)</sup>。統計学的検討は回帰分析、およびMann-WhitneyのU検定を用いて行った。

## 結 果

### 1. 正常群

被検者に30度/秒等速度のOKN刺激のみを与えた場合、眼振緩徐相速度は刺激速度とほぼ同じ速度となるが、OKN刺激とVOR刺激を同時に与えた場合には、振子様回転椅子速度の変化に同期した速度変化が認められた(図2)。こ

れらの変調速度を評価するために、各々計測された眼球緩徐相速度を振子用回転刺激の周期ごとに重ね書きし、これらのデータから最小二乗法を用い近似曲線を求めると、正常被験者では、回転椅子速度と逆位相の正弦波様の曲線が得られた。そこで、ピーク値の大きい方を増強効果(増強時の眼球緩徐相速度)、小さい方を減弱効果(減弱時の眼球緩徐相速度)、両者の値の差を変調速度と定義し、VOR刺激とOKN刺激の相互作用を評価するためのパラメータとした(図3)。

### 1) 変調速度とVOR刺激による最大角速度との関係

図4に、各々の振子様回転振幅におけるVOR刺激最大角速度ごとの変調速度の平均値および標準偏差を示す。いずれの振幅においてもVOR刺激最大角速度の増加に伴い変調速度が増大する傾向が認められ、これらの値は二次多項式による回帰曲線に最もよく適合した。

### 2) 変調速度とVOR刺激最大角加速度との関係

上記と同様に、振子様回転刺激最大角加速度に対して各変調速度を求め、この平均値を示し

前庭動眼反射と視運動性眼振の相互作用

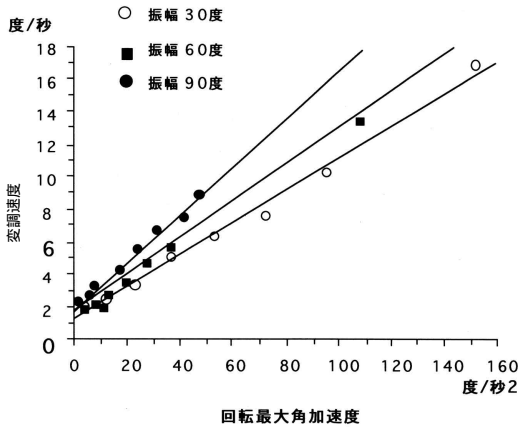


図4．正常群の変調速度と振り様回転角速度との関係

各振幅の振り様回転刺激での回転最大角速度に対する変調速度の平均値および標準偏差、平均値に対する回帰曲線。回帰分析し以下の回帰式および相関係数を得た。

30度： $y=3.0640-0.1656x+9.10970e^{-3}x^2$ ,  
 $R=0.999, P<0.001$

60度： $y=2.7688-0.12062x+6.7305e^{-3}x^2$ ,  
 $R=0.995, P<0.001$

90度： $y=2.1547-2.1948e^{-2}x+3.6614e^{-3}x^2$ ,  
 $R=0.978, P<0.001$

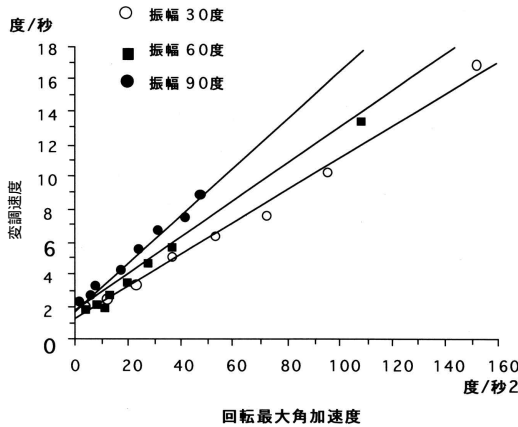


図5．正常群の変調速度と振り様回転最大角速度との関係

各振幅ごとに回転最大角速度に対する変調速度の平均値を求め、回帰分析し以下の回帰式および相関係数を得た。

30度： $y=0.972+0.098x, R=0.994, P<0.001$

60度： $y=1.853+0.113x, R=0.994, P<0.001$

90度： $y=1.911+0.147x, R=0.978, P<0.01$

た(図5)。いずれも傾き0.1前後の回帰直線が得られ、振幅の増大によりその傾きが大きくなる傾向が認められた。すなわち、変調速度はVOR刺激の角加速度に対して線形的関係にあることが分かった。

3) VOR刺激周波数変化によるOKN緩徐相速度の増強効果と減弱効果の変化

正常群の検討で得られた増強効果・減弱効果を、0.1、0.15、0.2 HzのVOR刺激最大角速度に限定して検討した(図6)。増強効果は0.1、0.15、0.2 Hzでそれぞれ $28.4 \pm 2.4$ 、 $30.3 \pm 2.34$ 、 $31.5 \pm 2.14$  度/秒であり、減弱効果はそれぞれ $25.7 \pm 3.1$ 、 $25.2 \pm 2.9$ 、 $23.4 \pm 4.0$  度/秒であった。これらの結果は、刺激周波数の増加により増強効果は増大し、減弱効果は減少する傾向を示したが、増強効果では各回転周波数間で有意な差を認めるものの、減弱効果に関しては有意差を認めなかった。

2. 前庭障害群

1) VOR刺激による周波数変化におけるOKN緩徐相速度の増強効果と減弱効果の変化

前庭障害群においてはVOR刺激方向とOKN刺激方向の組み合わせにより、二つの増強効果、減弱効果が得られることになるので、健側向きVOR刺激および患側向きVOR刺激における増強効果、健側向き回VOR刺激および患側向きVOR刺激における減弱効果に分類し比較検討した(図7)。

健側向きVOR刺激の増強効果は0.1、0.15、0.2 Hzでそれぞれ $32.4 \pm 2.6$ 、 $33.6 \pm 3.2$ 、 $37.2 \pm 5.9$  度/秒、患側向きVOR刺激の増強効果は0.1、0.15、0.2 Hzでそれぞれ $29.0 \pm 2.6$ 、 $32.0 \pm 2.7$ 、 $34.2 \pm 3.4$  度/秒であった。一方、減弱効果は健側向きVOR刺激において0.1、0.15、0.2 Hzで $21.6 \pm 5.7$ 、 $21.6 \pm 5.8$ 、 $21.0 \pm 5.6$  度/秒、患側向き回VOR刺激においてそれぞれ $25.0 \pm 5.6$ 、 $24.1 \pm 5.6$ 、 $22.9 \pm 6.6$  度/秒であった。

健側向き回VOR刺激および患側向きVOR刺激における増強効果は、高い回転周波数の方が有意に高値を示し、減弱効果に関しては各回転

那 須

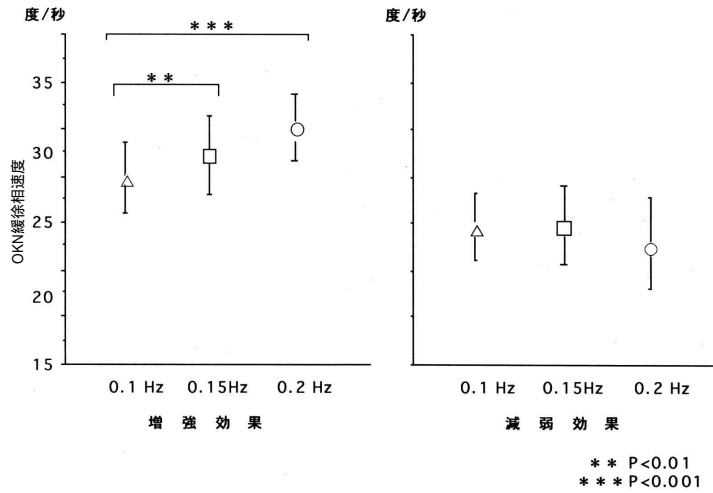


図6．正常群のVOR刺激周波数変化別の増強効果・減弱効果の変化  
増強効果および減弱効果の平均±標準偏差。眼振の向きにかかわらず値はすべて正の値に統一した。  
\*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001

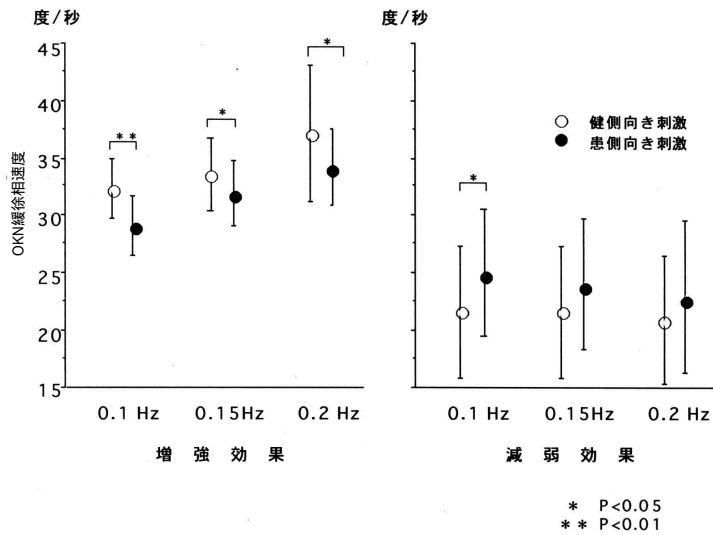


図7．前庭障害群のVOR刺激方向による増強効果と減弱効果  
増強効果と減弱効果の平均±標準偏差。眼振の向きにかかわらず値はすべて正の値に統一した。  
\* P<0.05, \*\*P<0.01

周波数間において有意差を認めなかった。すなわち増強効果は健側向き、患側向きVOR刺激いずれも正常群と同様に刺激周波数の増加によりその値が増大することが示された。

前庭障害群では、増強効果はどの回転周波数でも健側向きVOR刺激の方が患側向きVOR刺激に比べ有意に高い値を示したが、減弱効果では、患側向きVOR刺激の方が健側向きVOR刺

激に比べ高い値を示すものの、0.1 Hzを除き有意差は認められなかった。また、前庭障害群における増強効果は、ほぼすべての周波数で正常群に比べ有意に高い値を示したが、減弱効果は、0.1 Hzを除き正常群と有意差は認めなかった。この結果により前庭障害群では、増強効果において正常群より高い値を示し、かつ有意な回転刺激方向優位性を示していることが分かった。

## 2) 温度刺激検査で得られた実際の障害側とVOIの回転方向優位性との関連

先の検討の結果から、増強効果は健側向き回転刺激で患側向き回転刺激よりも有意に高い値をとることが分かった。そこで、このような前庭障害群にみられるVOIの方向優位性について、実際の患側との関連性を検討した。すなわち、VOIの増強効果がより低い値をとる回転椅子の方向をVOIにおける患側として、温度刺激検査で得られた実際の障害側と比較検討した。

温度刺激検査で判定した患側とVOIの方向優位性が一致した症例数は、増強効果においてはVOR刺激周波数0.1 Hzで27例(90.0%)、0.15 Hzで24例(80.0%)、0.2 Hzで26例(86.7%)であった。一致しなかった症例については温度刺激検査のCPや方向優位性(directional preponderance: DP)に特徴的な傾向を示す所見はみられなかったが、VORで患側刺激の利得が低い値をとる傾向がみられた。

## 考 察

温度刺激検査は、一側耳ごとの半規管機能を簡便に評価できるという利点があるものの、めまいを訴えて医療機関を受診する患者に敢えて強いめまいを起こす検査法として不評であり、頻回に検査を行うことが困難となる場合があることや、外耳、中耳に問題がある症例には施行できないなどの欠点がある。一方、回転検査は、患者には負担が少なく、刺激が量的に行える利点を持つ<sup>9)</sup>。しかし、被検者の検査時の

集中力低下によりVOR利得のばらつきが認められることが多く<sup>1,12)</sup>、また、前庭代償が進んだ患者ではVOR利得に差が現れにくくなる傾向があるなど、実際には臨床検査としてはほとんど用いられていない<sup>9)</sup>。

今回行ったVORとOKNの相互作用による検査では、被検者に与えられる刺激は、OKN刺激とVOR刺激であり、定量的な刺激であり被検者に過度な苦痛を与えることはない。また前庭刺激に視刺激を加えることで被検者の集中力低下を防止できるのみならず、両者の刺激を同時に与えることにより刺激に対する反応が強くなる<sup>7,18)</sup>。しかし、これまでも本研究と同様にOKN刺激とVOR刺激を被検者に与え、この相互作用を検討したものがある<sup>9,10)</sup>、前庭障害の患側判定に有用とした報告はない。これは主に刺激、解析方法が複雑であることが理由として考えられる。コンピュータ技術が進んだ現在では日常診療の場への応用も容易になっており、今回の検討でも、検査のデジタル化<sup>11)</sup>により刺激は容易に被検者に与えることができ、温度刺激検査と高い相関性を持って障害側を決定することができた。

一般的にUPVDが生じた場合、めまいとともに健側に向かう強い自発眼振が認められる。これは前庭神経核の自発放電の低下により生じた相対的な左右前庭神経核の活動差に起因した現象である。その後めまいと強い自発眼振は多くの場合、中枢性代償により一週間程度で急速に減弱し徐々に消退する。電気生理学的研究によれば<sup>12)</sup>、急性期の障害側前庭神経核における自発放電の低下は経時的に徐々に改善し、左右前庭神経核間の静的アンバランスは是正されることが観察されている。しかし障害側前庭神経核の反応性の低下と考えられている動的アンバランスは完全には回復しないといわれている<sup>13)</sup>。この状態でVOR刺激を行うと健側末梢前庭器が優位に刺激されるため、健側前庭神経核における反応は、健側に向かうVOR刺激に対しては興奮、患側に向かうVOR刺激に対しては抑制と

なるが、患側前庭神経核における動的な反応性は不完全であるので健側に比較して弱いものの健側前庭神経核と鏡像的な反応パターンとなる。したがって、眼振緩徐相は左右前庭神経核の自発電のアンバランスにより形成されるので代償期において回転検査ではその反応の左右差は認められなくなる。一方、OKN刺激における前庭神経核の反応はOKN刺激の方向と反対側の前庭神経核は興奮、同側刺激では抑制となることが知られている。したがって、VOR刺激とOKN刺激を同時に与えた場合には、前庭神経核の反応はそれぞれの刺激方向により相乗的に働くかあるいは相殺的に働くことになり、このような働きによって今回示したVOIの波形が得られるようになったものと推測される。

今回の対象症例は、自発眼振が認められず、VORでも利得の左右が認められないことから中枢代償により左右前庭神経核の静的アンバランスがほぼ是正された状態と考えられる。このような状態では、VOR刺激とOKN刺激のどちらか単独では左右差は認めず、患側を決定することは不可能となる。しかし今回、両者を同時に刺激した検査で左右差が観察されたことは、VOIにより動的アンバランスといわれる前庭神経核の反応性の左右差を検出できる可能性を強く示すものである。したがってVOIによる障害側判定は、検査施行時期による影響は受けられないものと考えられる。

先に示したように、VOIによる患側判定率は温度刺激検査の結果を基準にすると80～90%の精度を持つものと考えられた。VOIと温度刺激検査の患側判定が一致しなかった症例群では、疾患内訳や温度刺激検査におけるCP、DPに一致した特徴は明らかにならなかったが、VOIはその患側判定率の高さから十分に臨床的に利用することができると思われる。また、末梢前庭障害の中でメニエール病初期発作期の病態すなわち前庭機能亢進の状態では、末梢前庭機能低下と逆の動態を示すことが推測される。すなわち、患側刺激の増大効果が健側刺激の増大効果

よりも高い値を示し、健側刺激の減弱効果が患側刺激の減弱効果よりも低くなることが予測される。メニエール病の場合はすでに聴覚症状により患側耳が決定されることが多いためVOIによる前庭障害側判定の必要性は少ないとはいえ、障害側が機能亢進状態にあるのか、あるいは機能低下状態なのかの評価に用いることもできる可能性があり、この意義は高い。今後さらに、中枢前庭障害を持つ症例についてもVOIの検討を進めていきたい。

## 結 語

1. 正常群、前庭障害群を対象として前庭動眼反射 (vestibulo-ocular reflex: VOR) と視運動性眼振 (optokinetic nystagmus: OKN) の相互作用 (vestibulo-optokinetic interaction: VOI) について調べた。
2. VOIの評価は、OKN緩徐相速度をVOR刺激の回転周期ごとに重ね書きし最小二乗法により作成した近似曲線のピークの高い値を増強効果、低い値を減弱効果、ピーク間を変調速度と規定して行った。
3. 正常群では変調速度が回転角速度と二次回帰式に、回転角加速度と一次回帰式に近似できる関係が示された。
4. 前庭障害群では、VOR健側刺激の増強効果が患側刺激よりも有意 ( $p < 0.01$ ) に高く、健側刺激の減弱効果が患側刺激よりも低い傾向がみられた。
5. OKN緩徐相速度の増大効果がより高い値をとる方向を健側として温度刺激検査と患側判定を比較したところと80～90%と高い割合で一致した。
6. VOI検査によるOKN緩徐相速度の増大効果の判定により末梢前庭障害の患側診断の可能性が示唆された。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲賜りました山形大学医学部耳鼻咽喉科教室青柳優教授



## 前庭動眼反射と視運動性眼振の相互作用

に深甚なる謝意を表します。また、直接ご指導いただいた同教室中村正助教授（現在山形県立中央病院耳鼻咽喉科科長）さらに本研究の遂行に多大なご助力をいただいた同教室めまい平衡医学研究班の諸先生方に感謝いたします。

尚、本研究は厚生省特定疾患前庭機能系疾患調査研究班の研究費援助により行われたものである。

## 文 献

1. Jenkins HA, Lau CG, Baloh RW, Honrubia V: Implications of Ewald's second law for diagnosis of unilateral labyrinthine paralysis. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1978; 43: 60-65
2. Owens DE, Jenkins HA, Honrubia V: Differences between ampullofugal and ampullopeta stimulation of the horizontal semicircular canal: confirmation of Ewald's second law. Trans Amer Acad Ophthalmol Otolaryngol 1976; 82: 197-200
3. 朴沢二郎：回転検査．日本平衡神経学会編，平衡機能検査の実際．東京；南山堂，1986：174-185
4. 都筑俊寛：視運動性眼振検査．野村恭也編，CLIENT21 8. めまい・平衡障害．東京；中山書店，1999：286-291
5. Ter Braak JWG: Untersuchen uber optokinetischen nystagmus. Arch Neerl Physiol 1936; 21: 309-375
6. Dichgans J, Schmidt CL, Graf W: Visual input improves the speedometer function of vestibular nuclei in the goldfish. Exp Brain Res 1973; 18: 319-322
7. Takahashi M, Uemura T, Fujishiro T: Compensatory eye movement and gaze fixation during active head rotation in patients with labyrinthine disorders. Ann Otol Rhinol Laryngol 1981; 90: 241-245
8. 水越鉄理：めまい・平衡障害の診断と治療．東京；現代医療社，1988：140-150
9. 玉田彰：視性眼反射と前庭眼反射の相互作用について - supraliminal rotationにおけるOKNとVOR両者の支援又は抑制 - . 耳鼻臨床 1984；77：2419-2434
10. Jenkins HA, Honrubia V, Baloh RW, Yee RD, Lau CG: Modification of constant optokinetic nystagmus by vestibular stimulation. Arch Otolaryngol 1979; 105: 132-136
11. Nakamura T, Kanayama R, Aoyagi M, Kato I, Koike Y: Computer analysis for routine ENG test. Acta Otolaryngol 1994; 511, 109-113
12. 篠田義一：眼球運動の生理学．小松崎篤編，眼球運動の神経学．東京；医学書院，1993:1-147
13. 武田憲昭：前庭代償の分子メカニズム．五十嵐眞編，神経耳科学．東京；金芳堂，1999：67-78

# Clinical Investigation of Interaction Between VestibuloOcular Reflex and Optokinetic Nystagmus in Normal Subjects and Patients with Unilateral Peripheral Vestibular Dysfunction

**Takashi Nasu**

*Department of Otolaryngology, Yamagata University School of Medicine,  
Yamagata, Japan*

## **ABSTRACT**

**Purpose** : There have been few reports examining vestibulo-optokinetic interaction (VOI), and there have been no reports using a functional test in the examination. VOI was examined in normal subjects and patients with unilateral peripheral vestibular dysfunction (UPVD), and the possibility of determining the affected ear using VOI findings was also estimated.

**Subjects and methods** : VOI was evaluated in 16 normal subjects and 30 patients with UPVD without spontaneous nystagmus or crosswise difference of the vestibulo-ocular reflex (VOR) gain, and an over-canal paresis of 30% in caloric tests. The slow-phase velocity of the optokinetic nystagmus (OKN) was measured under the stimuli of pendular rotation-induced VOR and simultaneous OKN stimuli, and the velocity was adjusted using a computer to maintain a constant value for the rotating subject.

**Results** : Sinusoidal modulation of the OKN slow-phase velocity was observed during the VOR stimuli. The amplitude of the sinusoidal modulation was designated the modulation velocity, and a higher peak value of modulation was designated an increasing effect of VOR, while a trough was designated a decreasing effect. In the normal subjects, modulation velocities at the angular velocity of each rotation were fitted by a quadratic regression equation, and those at the angular acceleration of each rotation by a linear regression equation. In the patients, the increasing effect of the normal side stimulation was significantly higher ( $p < 0.01$ ) than that of the affected side stimulation, and the decreasing effect of the normal side stimulation tended to be lower than that of the affected side stimulation. The direction in which the increasing effect of the OKN slow-phase velocity was higher was the same among 80 ~ 90% of the patients with the normal side stimulation in the caloric tests.

**Conclusion** : The affected side can be determined based on VOI findings in patients with UPVD without spontaneous nystagmus.

前庭動眼反射と視運動性眼振の相互作用

**Key words** : vestibulo-optokinetic interaction, pendular rotation,  
vestibulo-ocular reflex, optokinetic nystagmus, unilateral peripheral  
vestibular dysfunction