原 著

Video-oculography によるメニエール病症例の電気性眼振の解析

小宮 卓・都筑 俊寛

Analysis of Galvanic Nystagmus in Patients with Ménière's Disease by Video-oculography

Takashi Komiya, Toshihiro Tsuzuku

Department of Otolaryngology, Teikyo University School of Medicine

Galvanic nystagmus (GN) has been studied with regard to equilibrium. However, the nystagmus-provoking mechanism has not been clarified. In this study, we considered Meniere's disease (MD) to be a unilateral vestibular disorder model, and analyzed GN recorded in MD by video-oculography.

The subjects were 10 patients with MD (38–60 years). The patients were divided into an acute group of 5 patients who had the last insult within 2 weeks and a chronic group of 5 patients who had the last insult more than 4 weeks before. Stimulation of the cathode using direct current at 1, 2, or 3 mA for 30 sec was alternately performed on the affected and healthy sides in the acute and healthy subjects as controls using the mean frequency of nystagmus and slow phase velocity.

The mean frequency of nystagmus caused by stimulation at 2 mA on the affected side was significantly lower in the acute group (0.453 ± 0.354 Hz) than in the control group (1.088 ± 0.437 Hz) ($P < 0.05$). The mean slow phase velocity was also lower in the acute group (1.494 ± 1.223 deg/sec) than in the control group (5.053 ± 5.236 deg/sec) ($P < 0.1$). There were no significant differences in the mean frequency of nystagmus and slow phase velocity caused by stimulation between the healthy side in the acute group and the control group. The mean frequency of nystagmus and slow phase velocity caused by stimulation on the affected and healthy sides were not significantly different between the chronic and control groups.

The reduction of responses on the affected side in the acute MD stage suggested the involvement of the vestibule and semicircular canal as the stimulation receptors of GN examination. In the chronic stage, since the condition was considered to be the steady state without vertigo, the results were considered to be due to central and peripheral compensation.

Key words: galvanic nystagmus, Ménière's disease, video-oculography

はじめに

電気性眼振 (galvanic nystagmus 以下, GN と略) は1871年に Hitzig が平衡機能検査として利

用して以来、基礎的・臨床的研究が多数報告された。わが国でも、時田ら¹⁾によって、平衡機能障害時において、末梢性か後迷路性かの鑑別に有用との報告がされた。GN による平衡機能評価は、現在普及している galvanic body sway test に比較し、体を支持する筋力の個体差、姿勢をたてなおす運動能力の差などの要因が加わらず、より定量的な評価が可能と思われる。

しかし、GN は、その解発機構が不明であること、臨床使用上の刺激条件の不統一、成績の解釈の相違などの理由から、他の眼振検査と比較して臨床的にあまり応用されていなかった。さらに GN を解析するにあたり ENG (electronystagmography) では電気刺激が記録に混入してしまうため不可能であったことが最大の問題点であった。

この問題を解決し、電気性眼振検査を他の眼振検査と同様に広く臨床的に利用するため、刺激と反応との関係を明らかにし、将来的に病的状態での記録の基準となるデータをつくる目的で、われわれは赤外線 CCD カメラによる眼球運動の記録装置 (video-oculography) を用い健常成人の GN を記録解析し報告した²⁾。その結果健常人では、眼振は 1~2 mA を閾値として陰極向きに解発された。4 mA 以上では通電時の疼痛のため検査を拒否する場合があったが、検査可能な範囲において、眼振数および平均緩徐相速度は、電流が強くなるにしたがってほぼ線形に増加した²⁾。

GN の研究にあたり、眼振解発機構および電気刺激受容器に関する考察は不可欠である。本稿では、この課題に対してメニエール病（以下、メ病と略）を一側性内耳障害のモデルと考え、メ病症例の GN を記録解析した。

方法と対象

GN 検査における通電刺激法には被刺激側（左右の耳）と電気極性との組み合わせで、両耳両極法 (Biauricular-bipolar)、一耳両極法 (Monoauricular-bipolar)、両耳単極法 (Biauricular-monopolar)、一耳単極法 (Monoauricular-monopolar) の 4 通りがある。内耳機能正常成人の場合、両耳両極法および一耳陰極法では、眼振は陰極向きに解発される。本実験では健側と患側を交互に刺激し、反応を比較する必要から利便性を考え、両耳両極法を採用した。刺激電極は日本光電社製 X-transrodeTM を使用した。刺激装置は日本光電

社製の SEN-3301 を使用した。刺激条件は、平流直流により 1, 2, 3 mA で 30 秒間、患側および健側を交互に陰極で刺激し、反対側を陽極とした。誘発された眼振は、赤外線 CCD カメラを介し眼球運動を追跡し、Biodigital 社製の VEONYS (Videonystagmographie)[®] により記録した。眼振数、平均緩徐相速度を富士通 FMVS42051 により経時的に解析した。

対象は、当科通院中および入院中のメ病患者 10 名 (38~60 歳) とした。メ病患者は、最終発作から 2 週間以内の患者 5 名を急性期群、4 週間以上経過した患者 5 名を慢性期群とし、健常人の眼振数、平均緩徐相速度と比較した。被験者には、本実験の原理、目的および安全性について説明し、同意を得て施行した。通電中、電極部の痛みが不快な際は、すぐ申し出るよう話し、直ちに実験を中断した。自発眼振のある症例については、測定値から自発眼振成分を除外するため絶対値の差、すなわち、自発眼振 (S) と同側の電気性眼振 (G) の眼振数および緩徐相速度は $G-S$ 、自発眼振 (S) と反対側の電気性眼振 (G) の眼振数および緩徐相速度は $G+S$ とし健常人と比較した。健常人とメ病患者の比較にはマン・ホイットニ検定を用い、検定を行なった。

結 果

刺激中の解発眼振波形の一例を示す。(図 1) 健常人 14 人から得られた平均眼振数および平均緩徐相速度の値とメ病患者急性期群 5 名、慢性期群 5 名の値を比較した (図 2 a, b, c, d)。記録中 10 例中 7 例の患者に自発眼振を認めた。ボランティアを募って計測した健常人と異なり、メ病患者では、3 mA 刺激時に電極部の痛みで検査を拒否する例があり、検定に必要なデータ数が得られなかったため、1 mA および 2 mA について健常人と比較した。急性期メ病患側の眼振数は、2 mA 刺激において、健常人の 1.088 ± 0.437 Hz から 0.454 ± 0.354 Hz ($P < 0.05$) へと有意に低下していた。緩徐相速度も健常人の 5.053 ± 5.236 deg/sec から 1.494 ± 1.223 deg/sec ($P < 0.1$) へと低下していた (図 3 a)。急性期健側刺激時の眼振数および緩徐相速度は健常人と有意差はなかった (図 3 b)。慢性期患側刺激の緩徐相速度および眼振数は、健常人の値と有意差はなかった (図 3 c)。慢性期健側刺激の緩徐相速度および眼

図1 急性期左メニエール病患者（58歳女性）の患耳刺激時の GN

平成17年1月1日めまい発作が出現し、1月6日 GN を記録した。記録時、左向き自発眼振を認めた。刺激により患側向きの GN が解発された。自発眼成分は除去し、健常人と比較した。

振数も、健常人の値と有意差はなかった（図3d）。

考 察

われわれは、自発眼振成分と GN の平均緩徐相速度および眼振数において、絶対値の差をとり健常人とメ病患者を比較した。Pfaltz³⁾ は30例の健常人と50名のメ病患者の GN を解発閾値において比較し、両者に差はないと報告した。GN の研究が盛んに行われていた1960から70年代使用されていた PENG は眼振の方向性も不明瞭な記録であり、それ以前は肉眼観察にたよっていた。定量的解析には、限界があったと思われ、そのデータをもとになされた考察にも疑問がのこる。近年の研究では、Brackmann ら⁴⁾ が、一耳単極刺激による GN で健常人とメ病患者を比較している。その結果、彼らは、緩徐相速度の対数値において健常人とメ病患者との差はないと報告した。彼らは不関電極を前腕に置き、一方われわれは反対側の乳様突起に陽極を置いており、われわれの方法では、非刺激側の反応が混在している可能性は否めない。しかし、Brackmann らの方法では、不関電極が前腕にあるがゆえに十分に前庭系が刺激されていないとも思われた。これらの報告に対し

て、われわれの比較では急性期のメ病症例では患側の平均緩徐相速度および眼振数ともに健常人より低値を示した。メ病の病態生理は内リンパ水腫であるので、測定値の差は健常人とメ病急性期の前庭機能の差と考えられた。

従来、患側と健側の前庭機能の比較は温度眼振検査による評価が一般的であった。メ病と温度眼振検査結果との関係についてはいくつかの報告がある。Pulec⁵⁾ は病勢が強い時には、前庭系の抑制によって、温度刺激に対する反応は両側とも低下し、病初期には膨張した球形囊がアブミ骨底板に接触しているので、温度刺激が内リンパに対してより有効に作用し、障害側は反応亢進を示す。また、温度刺激検査に対する永久的な反応亢進は、罹患期間の長い例にしばしばみられると述べた。渡辺⁶⁾ は、温度眼振検査上、半規管麻痺（以下、CP と略）、眼振方向優位性（以下、DP と略）の2種が区別されるが、CP はむしろ疾患の成熟期または終末期に多くみられ活動期には DP がしばしば現れる。休止期には左右差が減少して正常と区別しがたい場合も多いと述べた。田口ら⁷⁾ は、64症例に反復して温度眼振検査を行い、特に DP

図2 健康人とメ病病期別のGNの比較

健康人において平均緩徐相速度および眼振数は刺激電流の強さに依存して線形に増加する傾向を示した。○はメ病症例の測定値、●は平均値を示す。健康人とメ病症例を最小二乗法による回帰直線で比較した。

- 急性期メ病症例の患側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人より低値を示す傾向があった。
- 急性期メ病症例の健側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と同等であった。
- 慢性期メ病症例の患側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と同等であった。
- 慢性期メ病症例の健側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と同等であった。

に着目し、初期には必ずDPがあり、その後の経過から、DPが持続する型、DPから正常範囲に移行する型、DPからCPに移行する型に分類した。このように、メ病では、その経過中に内耳機能の変化を示唆する温度眼振検査結果の変動が報告されており、統一した見解がないが、いずれの報告でも患側と健側の温度眼振の反応の差により前庭機能障害の存在を示唆している。今回の実験では、同意を得られた患者が少なく、温度眼振検査とGN検査の関係までは比較検討できなかった。このため、メ病の温度眼振検査について統一

した見解がない現時点では、直流電流が後迷路を刺激していることは否定できない。しかし、われわれの解析では、GN検査における急性期メ病患者側耳の反応は検定上の有意差を認め、メ病の病態生理は内リンパ水腫であるので、測定値の差は前庭および半規管機能低下を反映している可能性があると考えられた。これらのことにより、GN検査の受容体の一つとして前庭および半規管の関与が示唆された。

一方において、慢性期の患者については、患側刺激、健側刺激ともに健康人の計測値と同等で

図3 健康人とメ病病期別の GN の比較 (検定結果)

健康人とメ病患者の測定値における、マン・ホイットニーの順位と検定の結果を示す。3 mA では痛みを訴え施行できない患者もあり、検定不能であった。

- 2 mA では急性期メ病症例の患側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人より低値を示した。1 mA では健康人とメ病患者との間に有意差はなかった。
- 急性期メ病健側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と有意差はなかった。
- 慢性期メ病患側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と有意差はなかった。
- 慢性期メ病健側刺激時の平均緩徐相速度および眼振数は、健康人と有意差はなかった。

あった。慢性期では臨床上もめまいがなく定常状態と考えられるのでこれは中枢および末梢の代償機能の結果と考えられた。このことによって、GN 検査は前庭代償の評価にも使用できる可能性が示唆された。

神経は on-off 刺激に反応して興奮性を示す。経皮的に頭部に加えられた持続的直流電流刺激が、どのように前庭系を刺激して GN のような持続性的前庭反応を発現するかについては前庭神経の自家放電の変化に関係するという Bárány の電気緊張説が有名である。この刺激機序について、Goldberg ら⁸⁾ は、サルの外リンパ腔を陰極電極で刺激した実験結果から、前庭神経の自家放

電レベルは末梢端 (distal part) に流れる電流により変化し、末梢端を外向きに方向 (axon から myelin 方向) に電流が流れる場合に興奮刺激、反対方向では抑制刺激が起こると述べ、解説している。こうした経緯から、電気刺激検査は後迷路性障害の診断に役立つとされてきた。これに対し、Schneider ら⁹⁾ は、ヒトで 2 mA の電気刺激での GN 波形を、頭部前屈にて重力方向を軸とした頭部回転刺激で再現を試み一致させている。彼らはこれらの結果から、2 mA の GN は半規管からの反応が強いと推定した。われわれの結果でも、GN 検査における健康人と急性期メ病患側耳の反応に有意差を認めたことから、GN には末梢

前庭器の反応も含まれていると考えられた。

以上から、電気性眼振検査の受容器の一つとして末梢前庭器官が関与し、その前庭終末臓器の障害の評価、および一側性前庭障害における中枢性代償状態の評価にも有用と考えられた。

本論文主旨は、第63回日本めまい平衡医学会（前橋）および第23回バラニー学会（パリ）で発表した。

文 献

- 1) 時田 喬, 青木 守, 渡辺忠彦, 他: 電気眼振検査法の検討. 耳鼻臨床 60 増 1: 38-57, 1967
- 2) 小宮 卓, 都筑俊寛, 吉本 裕: 赤外線眼球運動記録装置による電気性眼振の解析. Equilibrium Res 61: 446-450, 2002
- 3) Pfaltz CR: Vestibular diagnosis in Ménière's disease. Arch Otorhinolaryngol 212: 321-329, 1976
- 4) Brackmann T, Ranft U: The galvanic test in the diagnosis of vestibular disease. HNO 37: 174-178, 1989
- 5) Pulec JL: Ménière's disease: results of a two

and one-half-year study of etiology, natural history and results of treatment. Laryngoscope 82: 1703-1715, 1972

- 6) 渡辺 勲: メニエール病の予後について. 耳鼻展望 6: 238-246, 1963
- 7) 田口喜一郎, 菊川正人, 中野知幸: メニエール病長期観察例の温度眼振反応. 耳鼻臨床 73: 1893-1898, 1980
- 8) Goldberg JM, Smith CE, Fernandez C: Relation between discharge regularity and responses to externally applied galvanic currents in vestibular nerve afferents of the squirrel monkey. J Neurophysiol 51: 1236-1256, 1984
- 9) Schneider E, Glasauer S, Dieterich M: Comparison of human ocular torsion patterns during natural and galvanic vestibular stimulation. J Neurophysiol 87: 2064-2073, 2002

原稿到着: 平成17年12月13日

別刷請求先: 小宮 卓

〒173-8605 東京都板橋区加賀2-11-1

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室