左右単眼眼運動記録（第2編）†

青 木 眞 二*

はじめに

温度眼振の左右単眼眼運動記録において内転優位傾向のあることは報告した¹⁾。しかし電気眼振計（以下 ENG）自体の特性や眼振記録法の問題からその実証に慎重を要することは否定できない。そこで今回は以上の問題点に主眼をおき、1）皿銀電極の装着法や開閉眼の影響、2）視運動性眼振との比較、3）角膜網膜電位自体の関与の有無などにつき検討を加えた。

方 法

1）眼運動記録には三栄測器製の4チャンネルENGを用い、紙送りの速さは5mm/sec、時定数は原波形を3sec、速度波形を0.03secで記録、較正はいずれも視角

10°の2点交互注視により各々左右眼の外転10°が15mmのペンの振れとなる増幅度で行った。

2）記録条件として、表1に示すように皿銀電極を両外眼角より1cm外側、および両内眼角の midpoint にあたる鼻根部の3点につけ、A. 明所閉眼下（対象として前回報告の注水順序が左耳→右耳のめまい症例87例のデータを使用¹⁾）、およびB. 暗所閉眼下（27～74歳のめまい症例25例）、さらに左右外側の電極の位置を両外眼角より3cm外側にし、C. 暗所閉眼下（19～20歳の健康成人5例）、およびD. 明所閉眼下（19～20歳の健康成人12例）、またE. 左右外側の電極は両外眼角より1cmとし鼻根部電極を左右に分け、明所閉眼下（18～20歳の健康成人

表1 皿銀電極の装着法および開閉眼の差による温度眼振の左右単眼眼運動記録の違い。⊖：閉眼，●：開眼。
() 内は内転優位群の例数。A～E各法の上段が右眼（R）下段が左眼（L）の平均緩徐相速度±標準偏差°/sec。

	右 耳 冷 刺 激			左 耳 冷 刺 激		
	a	b	c	a	b	c
A n=87 (50)	37.0±15.2 * 30.3±11.7	17.8±9.1 * 13.4±7.1	8.5±4.6 * 6.6±3.7	32.9±13.3 15.5±8.4 7.7±4.8	36.7±14.9 17.7±9.2 9.4±5.7	7.7±4.8 * 9.4±5.7
B n=25 (15)	25.5±11.7 20.2±9.9	13.0±7.5 10.4±5.8	6.5±4.3 4.8±3.2	23.7±8.8 26.8±8.5	10.1±4.4 12.7±6.6	5.5±2.5 6.8±3.0
C n=5 (3)	21.2±9.4 14.4±6.8	11.9±6.9 8.4±6.0	5.2±2.6 3.1±1.2	28.2±9.7 29.5±11.5	8.8±3.9 10.3±2.6	3.3±0.5 2.8±0.9
D n=12 (9)	39.1±11.0 29.4±9.7	23.8±9.7 17.4±9.7	13.1±5.6 10.1±7.4	40.4±20.4 46.5±21.2	18.9±12.1 25.9±16.6	8.5±10.5 13.3±12.8
E n=27 (12)	31.3±12.3 29.1±10.7	15.9±8.8 13.8±9.7	9.1±5.0 6.7±3.9	31.5±10.0 33.6±11.9	11.5±5.0 13.5±5.8	5.5±2.9 * 7.1±2.3

a 注水後温度眼振の最大振幅時，b 注水後2分±10秒，c 注水後2分20秒以後。*：P<0.05。詳細は本文参照。

† Monocular Nystagmographic Recording

* Shinji Aoki

* 長崎大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：隈上秀伯教授）

表 2 A 視運動性眼振における左右単眼緩徐相速度。

A		10°	20°	30°	40°	50°	60°
健康成人 n=29	R 右	9.2±1.8	19.7±4.7	26.6±5.2	36.1±6.4	44.6±5.6	48.8±6.7
		8.7±1.7	18.2±3.3	26.6±4.2	36.3±6.0	43.6±6.5	49.6±10.2
	L 左	8.8±2.1	18.1±2.5	26.5±4.2	37.3±6.8	42.7±6.5	49.4±7.8
		8.6±1.7	18.3±3.0	25.6±5.1	35.5±5.9	43.3±7.2	49.6±9.4
めまい症例 n=28	R 右	8.3±1.7	17.6±2.6	24.8±5.5	34.8±7.4	39.2±8.7	47.0±12.2
		7.8±1.8	17.3±3.1	24.9±5.0	34.2±7.4	39.7±9.2	47.2±11.0
	L 左	8.7±1.7	18.7±4.8	25.8±6.2	33.5±8.2	39.6±12.6	45.7±11.8
		8.2±1.6	18.3±4.2	24.9±5.5	32.9±7.2	39.6±9.5	45.3±10.7

B 同時記録の温度眼振との比較。a, b, c は表 1 参照。単位はいずれも °/sec。

B n = 16		10°	20°	30°	40°	50°	60°
視運動性眼振	R 右	8.2±1.5	17.7±2.5	25.3±5.3	35.2±6.7	40.5±9.6	49.1±12.6
		7.9±1.5	17.4±3.0	25.8±5.0	35.8±8.1	40.6±9.7	49.1±13.0
	L 左	8.6±1.9	19.6±5.1	26.0±6.3	35.4±8.8	43.0±11.4	47.6±12.7
		8.1±1.6	18.1±3.9	25.7±4.8	34.1±7.8	40.2±10.8	46.5±11.9
温度眼振	R 右	31.3±15.8	17.6±7.7	8.0±4.7	27.1±10.5	12.5±4.7	6.1±3.3
	L 左	26.7±14.1	13.7±8.2	5.6±3.7	31.5±12.4	16.2±7.7	8.3±3.3
		a	b	c	a	b	c
		右 耳 冷 刺 激			左 耳 冷 刺 激		

A, B ともに右, 左は視運動性眼振の方向を示し, ドラムスピード 10°~60° における各欄上段が右眼 (R), 左眼 (L) の平均緩徐相速度±標準偏差を示す。視運動性眼振では特に内転優位を認めないが, 同一装着者の温度眼振では内転優位傾向を認めている。

27例) にて記録した。いずれも接地電極は前額正中部につけた。

3) 温度眼振は仰臥位にて頭位を 30° 挙上し氷水 2 cc の外耳道注入により解発した。注水順序はいずれも左耳→右耳とし, 左側刺激による眼振の終了後約 1~2 分の間隔をおき右側を刺激した。

4) 視運動性眼振 (以下 OKN) については, 眼運動障害例を除いためまい症例 29 例および健康成人 28 例に対し永島社製の視運動性刺激装置 OK 3T を使用し各々 10, 20, 30, 40, 50, 60°/sec 等速刺激速度で順次解発し ENG 下に記録, 左右眼の緩徐相速度を手算的に算出し比較検討した。同時にめまい症例に対しては温度眼振の

記録を 1) B と同じ方法で記録した。

5) 角膜網膜電位自体の干渉の有無については A, 片眼無眼球症例 12 例に対し ENG 下に 1) A と同じ電極装着にて 2 点交互注視を行わせ, 健眼側と無眼球側におけるそれぞれの波形を記録検討した。

B. 干渉電位の存在を考慮せずにする方法として, 暗所開眼下に健康成人 24 例に対し皿銀電極を 1) B と同じ方法で装着し温度眼振を記録すると同時に, 光電式眼振記録装置としての赤外線を利用した竹井機器製眼球運動モニタ装置 (以下 PENG) を装着し同時記録を行い比較検討した。

6) 各温度眼振の計測は a. 注水後温度眼振の最大振幅

図1 温度眼振では内転優位傾向を示したが視運動性眼振ではむしろやや外転優位傾向を示した一例。
 左側の温度眼振ではa 注水後温度眼振の最大振幅時, b 注水後2分±10秒, c 注水後2分20秒以後の
 左側より右冷刺激時右眼(○), 左眼(●), 左冷刺激時右眼(□), 左眼(■)の単眼緩徐相速度°/sec
 を示しそれぞれを線で結んである。また右側の視運動性眼振では, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°の各刺
 激速度における左側より左向き視運動性眼振の右眼(□), 左眼(■), 右向き視運動性眼振の右眼
 (○), 左眼(●)の単眼緩徐相速度°/secを示しそれぞれを線で結んである。温度眼振, 視運動性眼
 振のいずれも各点を結んだ線が下に凸となる場合に内転優位, 上に凸の場合に外転優位と判断できる
 ように配置した。

時, b. 注水後2分±10秒, c. 注水後2分20秒以後の
 各点で行い, その点での左右眼の緩徐相速度を原波形より
 算出し, 左右眼球の眼振の速度差の有無についてt検
 定を行った。そして左右耳合わせて計6点において冷刺
 激耳側の眼球, すなわち急速相が内転を示す眼球の緩徐
 相速度が, 外転を示す他眼のそれよりも少くとも5点に
 おいて大きい値を示す例を内転優位群とし, 以下同様な
 方法で外転優位群, 右眼優位群, 左眼優位群とにわけた。

結 果

1) 開閉眼および電極位置による差については, 表1に
 示すようにa, b, c各点での右冷刺激時の右眼, 左
 眼, 左冷刺激時の右眼, 左眼それぞれの緩徐相速度の平
 均値および標準偏差でみると, A~Eいずれも, 開閉眼
 にかかわらず内転優位傾向を示し, 電極装着の位置によ
 る差は, 電極間隔をせばめた時(E群)にも, 内転優位
 傾向が認められるが, 速度差は他群に比し小さくなって

おり, 内転優位を示す例数(12/27)も他の群(A~D)
 に比し減少している。

2) OKNに関する左右眼の差については, 表2Aに示
 すごとく健康成人およびめまい症例いずれも各刺激速度
 において, 左右眼の緩徐相速度に顕著な差はみられなか
 った。

OKN 検査と温度刺激検査両方を行い得ためまい症例
 28例のうち, 温度眼振反応の低下や測定不能であった例
 を除いた16例でOKNと温度眼振の比較を行うと, 表2
 Bに示すごとく温度眼振ではすべての点で内転優位傾向
 を認めるがOKNではやはり左右眼の緩徐相速度に顕
 著な差はみられなかった。図1はそのうち温度眼振で内
 転優位傾向を示したが, OKNではむしろやや外転優位
 傾向を示した一例の各緩徐相速度をプロットしたもので
 ある。

3) 図2Aは片眼無眼球症例で鼻根部電極を左右に分
 け, 左右へ10°の2点交互注視における左右単眼運動

図2 A 左義眼症例，57歳女性の ENG 単眼記録である。視標 10° の2点交互注視の結果で，Iは健眼側（r-R）と鼻根部（R-L）の同時記録でIIは健眼側（r-R）と無眼球側（L-I）との同時記録を示す。上向きが右向きの動きを下向きが左向きの動きを示す。速度波形でみられるようにいずれも内転時の速度波形が外転時よりも大である。

記録である。健眼側と鼻根部（I），健眼側と無眼球側（II）の同時記録を示しており，いずれにおいても健眼側は内転時の速度波形が大きく記録されていることが判る。さらに鼻根部および無眼球側でも健眼側と逆向きの波形が記録されており，いわゆる健眼側からの干渉電位を示すものと思われ，いずれも健眼側が内転する時が外転する時より速度波形が大きく記録されている。このことは正中の視標を健眼側，鼻根部，無眼球側のいずれにおいた時にもみられた。原波形の分析では健眼側で $187 \pm 129 \mu V$ ，無眼球側では $23 \pm 10 \mu V$ ，すなわち平均で約15%の干渉電位が得られた。

図2 Bは片眼無眼球症例12例（患側は右6例左6例）の外転時の速度波形に対する内転時の速度波形（いずれも10波形の平均）の比を求め①健眼側と鼻根部の同時記録（a，b）②健眼側と無眼球側（a'，c）のそれぞれについてプロットしたものである。ほとんどが1以上を示しており，ちなみに鼻根部および無眼球側ではその比率が増大していることが判る。

4）図3に ENG 下に内転優位を示しなおかつ PENG 下においても内転優位を示した一例を示す。図4に24例

の ENG および PENG 下における各点での眼振緩徐相速度の平均値および標準偏差を示す。両記録とも内転優位傾向を示しているが，両記録で各々内転優位を示したのは9例ずつで，そのうち5例が両記録とも内転優位を示した。外転優位群はほとんどみられなかった。

考 察

1）記録法に関して

J. E. Hyde²⁾は16mmカメラによる分析で2点交互注視における外転眼に対する内転眼の急速相眼球速度の優位性を報告した。森山³⁾は ENG における内転眼の優位性を報告し，我々の温度眼振における緩徐相速度の分析でも内転優位性が指摘された¹⁾。しかし諸家の報告²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾をみると，特に ENG においては分析項目が一定しておらず，しかも皿銀電極の装着法，干渉電位の問題などに統一見解を得ていない。我々はそのうちでも主に温度眼振の緩徐相速度に関して用手的に分析を行った。分析の方法にコンピューターによる急速相速度の分析がさかんに行われるようになったが，現時点では微細な小振幅の眼振の緩徐相速度の分析に関しては用手的分析がより正確と思われる。まず皿銀電極の装着位置の問題である

図2B 速度波形の内転優位度の健眼側記録（横軸： a, a' ）に対する鼻根部あるいは無眼球側の記録（縦軸：それぞれ b, c ）の相関。
片眼無眼球症例12例の外転時の速度波形に対する内転時の速度波形（いずれも10波形の平均）の比を求め、これを内転優位度（単位なし）とみなし、健眼側記録における場合とそれに対する鼻根部あるいは無眼球側の記録における場合の相関（前者が□（ a, b ），後者が■（ a', c ））を示す。必ずしも相関関係はえられていないが（ $p>0.05$ ），ほとんどすべての内転優位度が1以上を示しており，片眼無眼球症例では上記のどの部位の記録の速度波形も内転時が大きい値をとることがわかる。

が，記録電極間をせばめると内転優位性が減少する傾向があり，記録法により影響をうけることが判った。

次に視運動性眼振との比較で判ったことは，視運動性眼振における左右眼の緩徐相速度には内転優位性はみられず，同一対象での温度眼振ではやはり内転優位性がみられたことである。諸家の報告²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾では温度眼振以外の saccade でも内転優位性が指摘されているが，少くとも今回の比較からは温度眼振と視運動性眼振に視刺激の有無の観点から何らかの単眼運動の差異が考えられる。

片眼無眼球症例の分析は必ずしも生理的とは言えない

かもしれないが，干渉電位の分析は可能である。今回の結果では2点交互注視時の急速眼運動の速度において，まず干渉電位のない健眼側自体にも外転時より内転時がやや大なる傾向がみられた。さらに無眼球側における健眼側からの干渉電位は逆向き電位として内転方向へ優位に記録された。つまり日常記録では，干渉電位によっても内転優位性が助長されることになると考えられる。このことを考えると，さきの記録電極間の距離の問題は解決される。すなわち一般に記録電極間を広げれば干渉電位が大となり，より内転優位性が助長された記録になる。その影響を防ぐには記録電極間を極力せばめる必要

図3 ENG 下に温度眼振の内転優位を示し、なおかつ同時記録の PENG 下においても内転優位を示した一例。a, b, cはそれぞれ注水後温度眼振の最大振幅時、注水後2分±10秒、注水後2分20秒以後を示す。刺激法は冷刺激である。

がある。

PENG では干渉電位の影響を考えなくてよいが、結果としてやはり温度眼振における内転優位性が記録された。較正の手技が煩雑な為に日常記録としては用いられないが、干渉電位を除いた単眼記録としては有用である。しかし現在までサーチコイル法⁶⁾⁷⁾、磁気センサを用いた方法⁸⁾など種々の単眼記録法が考えだされているが、日常的には従来のENGを使用する頻度が多いものと思われる。したがって干渉電位の問題を含め血銀電極の装着法に関して前述の内容を注意しておく必要がある。

2) 内転優位性に関して

眼球の共同運動に関しては、必ずしも左右の眼球は綿密な共同運動をしていない可能性がある。水平眼球運動には今回分析した共同性眼球運動の他に、注視の際生ずる輻輳性眼球運動という非共同性眼球運動があり、日常

生理的にも内転自体が外転より優位であることが合目的と思われる。事実、解剖学的にみても内直筋は外直筋よりおしなべて大なる傾向にある⁹⁾。

内野¹⁰⁾は猫を用いた実験により内直筋および外直筋運動ニューロンが別々の前庭眼反射弓ニューロンにより支配を受けており、対側内直筋運動ニューロンに対してだけ介在ニューロンが一つ多く存在することを指摘している。すなわち垂直、回旋運動と違った点として水平眼球運動では共同および非共同という2つの異なる動きを起こさねばならない。故にその神経回路が必ずしも統一的ではない可能性がある。干渉電位の問題¹¹⁾を除いて三好の分析⁴⁾を考慮すれば、2点交互注視などの急速眼球運動では、左右眼が直線的ではなく刻々速度を変えながら動くため、左右眼の最大眼球速度、平均眼球速度に経時的に微妙な差があることは推察される。したがって各々について検討する必要があるが、我々の分析では原波形

図4 健康成人24例の ENG および PENG の同時記録による温度眼振緩徐相速度の平均値および標準偏差を示す。両記録とも内転優位傾向を認めている。a, b, cはそれぞれ注水後温度眼振の最大眼振幅時, 注水2分±10秒, 注水後2分20秒以後である。各点を結んだ線が下に凸の場合に内転優位と判断できる(図1参照)。

の緩徐相の midpoint における速度を算出しており、三好の分析⁴⁾から、内転眼に関してはほぼ最大眼球速度を用いていることになる。明所閉眼下にせよ、暗所閉眼下にせよ、注視の影響を比較的受けない温度眼振で、振幅にも内転優位性が存在していることから¹⁾、2点交互注視、視運動性眼振など他の急速眼球運動では視性の入力で制御され、内転眼、外転眼の動きをより複雑化していることが想像される。

同じ2点交互注視でも片眼無眼球症例では12例のほとんどすべての速度波形に内転優位性がみられており、これは森山の報告³⁾に比しかなり頻度が高い。原因としては、片眼無眼球という非生理的状況下では注視による両眼の共同性眼球運動を保つための入力が抑えられ、本来眼球自体の持つ内転優位性が表面化したものと考えられる。

内転優位性に関してはいまだ賛否両論で、左右眼の干渉電位による助長があり記録法の問題も残されているが、J. E. Hyde のカメラによる分析²⁾、今回の我々の OKN や片眼無眼球症例および PENG における分析からやはりそれは事実であると考えられる。第1編¹⁾において解離の問題を述べた。すなわち温度眼振の左右単眼眼運動記録の後半で、一眼は温度眼振の持続、他眼は温度眼振と反対方向へ向かう自発眼振と思われる眼振が出現し、その解離のほとんどが輻輳型を示した¹⁾。このことは内転優位が事実とすればその定性的裏付けとなり、最近普及しつつある眼球運動画像記録装置¹²⁾などによる確認が必要となる。

ま と め

温度眼振における内転優位性の検討を、単眼記録法の問題を中心に行った。

- 1) 開閉眼のいずれにもかかわらず内転優位性を認めたが、電極間隔をせばめた時その傾向は減少した。
- 2) 同一人物で OKN では内転優位傾向を認めず、温度眼振では認めた例が存在した。
- 3) 片眼無眼球症例の2点交互注視で、無眼球側では健眼側の角膜網膜電位の約15%にあたる干渉電位が測定された。
- 4) 無眼球側の干渉電位の速度波形が内転優位に記録された。
- 5) PENG における温度眼振で内転優位性が確認された。
- 6) 急速眼球運動における内転優位について考察した。

稿を終えるにのぞみ、御指導および御校閲をいただいた限上秀伯教授ならびに中島成人助教授に感謝いたします。

本論文の要旨は第43、44、45各回の平衡神経科学会総

会にて発表した。

文 献

- 1) 青木眞二：左右単眼眼運動記録（第1編）. *Equilibrium Res* 42: 298-305, 1983
- 2) Hyde JE: Some Characteristics of Voluntary Human Ocular Movements in The Horizontal Plane. *Am J Ophthal* 48: 45-94, 1959
- 3) 森山春子、竹森節子：眼球運動の水平単眼記録について. *Equilibrium Res* 38: 196-199, 1979
- 4) Miyoshi T, Hiwatashi S, et al: Dissociation of The Eyes in Saccadic Movement. *Annals New York Academy of Sciences*: 731-743, 1981
- 5) 矢部多加夫、古屋信彦、千葉恭久：急速眼球運動下における内転優位性—ヒト衝動性眼球運動の場合—*日耳鼻* 89: 1817-1824, 1986
- 6) Robinson DA: A Method of Measuring Eye Movement Using A Scleral Search Coil in A Magnetic Field *IEEE Trans Bio-Med Electro* 10: 137-145, 1963
- 7) 竹森節子、森山春子：サーチコイルによる眼球運動の記録・分析. *Equilibrium Res* 45: 310-317, 1986
- 8) 小山内龍一、他：SQUID 磁気センサによる眼球運動記録. *Equilibrium Res* 46: 27, 1987
- 9) Hogan MJ, Alvarado JA, Weddel JE: Histology of The Human Eye: 46, 1971
- 10) 内野善生：前庭眼反射弓の神経機構とその発達. *神経研究の進歩* 28: 845-871, 1984
- 11) 青木眞二、他：左右単眼眼運動記録における干渉電位. *佐世保市立総合病院医学業績集* 13: 83-88, 1986
- 12) 藤田信哉、他：特殊 TV カメラを利用した眼球運動の画像記録装置. *Equilibrium Res* 46: 27, 1987

Abstract

The difference of velocity of the eyes on caloric nystagmus, during which the inward movement of each eye is faster than the outward movement (adducent preponderance), was investigated electronystagmographically.

- 1) Adducent preponderance was present in both eyes, open or closed.
- 2) The difference of velocity of each eye was reduced by shortening the distance between the electrode, and as a result, the tendency to adducent preponderance decreased.
- 3) This difference was not seen in optokinetic ny-

stagnus.

4) In one-eyed patients, adducent preponderance could be seen in the healthy eye, but some potential was also recorded on the anophthalmic side, presumably due to the interfering potential from the healthy eye, and the adducent preponderance was strengthened.

5) Adducent preponderance with caloric nystagmus could be recognized by photo-electronystagmography

without electrodes.

The mechanism of adducent preponderance is discussed from the points of view of neuroanatomy and physiology.

(原稿到着：昭和62年 6 月26日
別刷請求先：青木眞二
〒852 長崎市坂本町7-1
長崎大学医学部耳鼻咽喉科学教室)